La revolución de las ciencias

El conocimiento europeo y sus expectativas, 1500 - 1700

Peter Dear



LA REVOLUCIÓN DE LAS CIENCIAS

El conocimiento europeo y sus expectativas
(1500-1700)

PETER DEAR

LA REVOLUCIÓN DE LAS CIENCIAS

El conocimiento europeo y sus expectativas (1500-1700)

Traducción de
José Ramón Marcaida López

Marcial Pons Historia
2007

Primera edición en inglés publicada por Palgrave Macmillan (Macmillan Publishers Limited), bajo el título *Revolutionising the Sciences. European Knowledge and its Ambitions, 1500-1700* de Peter Dear. Esta edición ha sido traducida y publicada con licencia de Palgrave Macmillan. El autor ha dado su consentimiento para ser identificado como autor de este trabajo.

Figura 4.3. Reelaboración de la aparecida en Marie Boas, *The Scientific Renaissance 1450-1630,* Nueva York, 1962.

San Sotero, 6 - 28037 MADRID
☎ 91 304 33 03

ISBN-13: 978-84-96467-53-8
Depósito legal: M. 41.171-2007

Diseño de la cubierta: Manuel Estrada. Diseño Gráfico

Fotocomposición: INFORTEX, S. L.

Impresión: CLOSAS-ORCOYEN, S. L.
Polígono Igarsa. Paracuellos de Jarama (Madrid)
MADRID, 2007

Índice

Prólogo a la edición española

Este libro fue publicado por primera vez en inglés en 2001. Transcurridos unos años, parece necesario modificar, o al menos justificar, algunos de sus aspectos. No hay apenas argumentos o contenidos que desee alterar de una manera sustancial, pero sí me gustaría añadir ciertos temas y matices. Antes de centrarme en ellos, quizás sea pertinente comentar algo sobre la denominada «revolución científica» desde la perspectiva de la tradición historiográfica anglófona, a la que este libro pertenece.

El uso de la etiqueta «revolución científica» para designar el período comprendido entre Nicolás Copérnico e Isaac Newton se convirtió en norma a partir de la Segunda Guerra Mundial. A cierta altura de la década de los cincuenta, y sin demasiada reflexión previa, el término ya se había vuelto algo rutinario: los textos del influyente historiador francés de la ciencia Alexandre Koyré despertaron una gran admiración entre los historiadores anglo-americanos, y tanto Herbert Butterfield, en su estudio de 1949, *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, como A. R. Hall, en su obra *The Scientific Revolution, 1500-1800: The Formation of the Modern Scientific Attitude* (1954), hicieron uso de tal expresión, aunque está sujeto a debate en qué medida la emplearon con el mismo sentido. En cualquier caso, durante la década de los sesenta fue comúnmente aceptado que la «revolución científica» abarcaba, a grandes rasgos, desde el 1500 hasta el 1700, y consistía (siguiendo a Koyré) en una narrativa centrada en la astronomía y la mecánica celeste. El trabajo de I. Bernard Cohen, *The Birth of a New Physics* (1960), sirvió de algún modo para que esta particular concepción cristalizase. A partir de entonces, a

pesar de ciertos intentos firmes por alterar el enfoque, y a falta de otra hipótesis igualmente efectiva y coherente, la idea de que la «revolución científica» trataba fundamentalmente sobre las ciencias físico-matemáticas entre 1500 y 1700 se convirtió en la explicación estándar durante años[1].

En la década de los setenta estas ideas fueron desarrolladas en manuales como *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (1971), de Richard S. Westfall, o *Man and Nature in the Renaissance* (1978), de Allen Debus; el primero centrado en la teoría de la materia corpuscular de la «filosofía mecánica», y el segundo, de manera más radical, como un intento de suscitar interés por los avances relacionados con la química, la magia y las ciencias de la vida en este período. Ambos trabajos incorporaban gran parte de la labor académica realizada en las dos décadas precedentes, pero ninguno llegaba a rechazar la por aquel entonces definitiva conceptualización de la «revolución científica». De hecho, tras la publicación, en 1983, de *The Revolution in Science, 1500-1750*, de A. R. Hall, una versión actualizada de su anterior estudio, parecía que el mundo académico había empezado a forzar los límites de este constructo historiográfico, y sin embargo no se contaba aún con un concepto apropiado que lo reemplazara. La publicación en 1985 del celebrado estudio de Steven Shapin y Simon Schaffer *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life* no hizo sino confirmar esta impresión: la obra de Shapin y Schaffer reavivó el interés de la comunidad científica por la historia de la ciencia temprano-moderna, reformulando al mismo tiempo, de manera radical, el tipo de cuestiones que habían de plantearse. Así, temas como la relación entre las formas de construcción del mundo natural (la «filosofía experimental» de Boyle) y las formas de organización de la sociedad pasaron a un primer plano, quedando de algún modo al margen la vieja historia de la «revolución científica». De hecho, al comienzo de su propio estudio general sobre este período, *The Scientific Revolution* (1996), el mismo Shapin escribió: «La revolución científica nunca existió, y este libro trata de ella».

En cualquier caso, continuaron apareciendo nuevos manuales: *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* (1997), a

---

[1] H. FLORIS COHEN, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*, Chicago, University of Chicago Press, 1994, constituye un detallado análisis sobre esta cuestión.

cargo de John Henry, un estado de la cuestión someramente actualizado a pesar de su título, en apariencia tradicional; o la obra *The Scientific Revolution* (1998), de James R. Jacob, entre otros. Cuando el presente libro fue publicado en 2001 hubo de enfrentarse a un enrevesado conjunto de expectativas historiográficas. Había decidido que la única manera de escribirlo consistiría en ofrecer un texto que mostrara mi visión general sobre este período y estos temas, derivada de una labor académica ejercida durante décadas, así como de intereses e investigaciones propios. Lo que no podía era tratar explícita y deliberadamente ciertas cuestiones generales acerca de mis preferencias sin complicar el texto y hacerlo opaco para el tipo de lector a quien estaba dirigido.

Mi objetivo también era escribir un libro que sirviera de apoyo a las tareas docentes que yo mismo ejercía. Me pareció la manera más eficiente de producir un texto que fuera útil para todos aquellos impartiendo cursos similares. Como consecuencia de esto, si algunos de los temas en el libro no fueron desarrollados en profundidad fue porque prefería tratarlos directamente en mis clases, sin recurrir a lecturas complementarias. El ejemplo más claro de todo esto es la escasa atención que parece que presto a la astronomía copernicana, un tema que se explica mejor, sigo convencido, en clase. Ya que Copérnico es considerado normalmente uno de los puntos de partida de la «revolución científica», se ha señalado esta ausencia como una falla en mi enfoque. No obstante, no me arrepiento de esta decisión. Sin duda, los lectores del libro podrán identificar ejemplos similares.

Sin embargo, no todas las omisiones en el libro fueron intencionadas, o respondieron a criterios pedagógicos. Algunas fueron debidas a lo que ahora considero juicios erróneos por mi parte. Entre estas ausencias, y de especial interés para los lectores de habla hispana, destaca la falta de un estudio más detallado sobre los factores ibéricos/hispánicos de la «revolución científica».

Al igual que la mayoría de trabajos históricos sobre este tema, este libro se centra de manera desproporcionada en casos provenientes de Francia, Italia e Inglaterra, y en ocasiones de regiones germanas. Señalar que el contexto hispano ha sido en gran medida ignorado no equivale, sin embargo, a decir que las actividades en los territorios de la monarquía española tuvieron una importancia menor, periférica, con respecto al contexto científico europeo, mucho más amplio; o que la Península Ibérica hoy en día únicamen-

te debería mencionarse para satisfacer ciertos intereses académicos locales. Por el contrario, la presencia amenazante de lo que en este período constituía el principal poder europeo, así como su relevancia para los intereses y proyectos de otros Estados, organizaciones e individuos, son cuestiones que durante mucho tiempo han exigido, y apenas recibido, una mirada atenta por parte de los historiadores de la ciencia anglófonos[2].

La parte del libro dedicada a Francis Bacon, por ejemplo, habría mejorado de haber tenido más en cuenta todo lo que en Inglaterra se conocía acerca de las instituciones estatales en la España del siglo XVI. Estas instituciones supervisaban proyectos de carácter técnico y científico relacionados con las nuevas posesiones españolas al otro lado del Atlántico. Por citar dos casos concretos, la Casa de Contratación en Sevilla (fundada en 1503) se dedicó a resolver problemas de navegación, instruir a los pilotos en sus travesías al Nuevo Mundo y reunir y coordinar todo tipo de información geográfica y marítima. Por otro lado, el Consejo de Indias (fundado en 1524) se dedicó a recopilar información sobre la geografía y la historia natural de las Américas para apoyar así la explotación de recursos minerales y vegetales. Ambas instituciones (la primera de las cuales fue particularmente estimada, incluso envidiada, por los navegantes ingleses) sirvieron claramente como modelo para la propuesta de Bacon sobre las organizaciones gubernamentales destinadas a obtener beneficios económicos a partir del conocimiento de la naturaleza[3].

---

[2] La excepción más notable a esta generalización, para el período temprano moderno, es David GOODMAN; véase, por ejemplo, su *Power and Penury: Government, Technology, and Science in Phillip II's Spain*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

Un buen repaso a toda la bibliografía reciente, así como una crítica a la ausencia del mundo hispánico en los trabajos sobre la «revolución científica», es Jorge CAÑIZARES-ESGUERRA, «Iberian Science in the Renaissance: Ignored How Much Longer?», *Perspectives on Science*, 12 (2004), pp. 86-124.

[3] GOODMAN, *Power and Penury;* Alison SANDMAN y Eric H. ASH, «Trading Expertise: Sebastian Cabot Between Spain and England», *Renaissance Quarterly*, 57 (2004), pp. 813-846; Alison SANDMAN, «Mirroring the World: Sea Charts, Navigation, and Territorial Claims in Sixteenth-Century Spain», en Pamela SMITH y Paula FINDLEN (eds.), *Merchants and Marvels: Commerce, Science, and Art in Early Modern Europe*, Londres, Routledge, 2002, pp. 83-108; Antonio BARRERA-OSORIO, *Experiencing Nature: The Spanish American Empire and the Early Scientific Revolution*, Austin, University of Texas Press, 2006.

No fueron éstas las únicas actividades desarrolladas en la Península Ibérica situadas de algún modo en la vanguardia del saber europeo en este período. En las décadas finales del siglo XVI, en Coimbra, se escribieron importantes tratados jesuíticos sobre filosofía natural aristotélica, que pronto pasaron a integrar el corpus de saberes con el que se formaron Descartes y otras figuras relevantes del siglo XVII, incluidos los propios filósofos naturales de la orden. La astronomía copernicana era estudiada en la Universidad de Salamanca en la década de 1560, y la defensa que hizo de Copérnico Diego de Zúñiga influyó enormemente en la temprana decisión de la Iglesia católica contra el copernicanismo, en 1616[4]. Sin embargo, los ejemplos más claros de la contribución hispana al conocimiento de la naturaleza fueron sin duda los trabajos del siglo XVI sobre historia natural en el Nuevo Mundo, especialmente la *Historia natural y moral de las Indias* (1590), del jesuita José de Acosta, y la anterior *Historia general y natural de las Indias Occidentales* (1535), de Gonzalo Fernández de Oviedo, obras que muy pronto fueron traducidas a otros idiomas europeos[5].

Centrándonos ahora en otras áreas que debían haber recibido una mayor atención, en los últimos años la alquimia en la época altomoderna ha sido objeto de novedosos trabajos, particularmente los de William Newman y Lawrence Principe[6]. Ambos investigadores, en

---

[4] Víctor NAVARRO BROTÓNS, «The Reception of Copernicus in Sixteenth-Century Spain: the case of Diego de Zúñiga», *Isis*, 86 (1995), pp. 52-78.

[5] El historiador español Jose María López Piñero ha publicado numerosos trabajos sobre historia natural del Nuevo Mundo; véase también Antonello GERBI, *Nature in the New World, from Christopher Columbus to Gonzalo Fernández de Oviedo*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1985.

Entre las aportaciones a estos temas en inglés destacan Stephen GREENBLATT, *Marvelous Possessions: The Wonder of the New World*, Chicago, University of Chicago Press, 1991; Anthony PAGDEN, *European Encounters with the New World from Renaissance to Romanticism*, New Haven, Yale University Press, 1993; para artículos más recientes véase Londa SCHIEBINGER y Claudia SWAN (eds.), *Colonial Botany: Science, Commerce, and Politics in the Early Modern World*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 2005; Antonio BARRERA, «Local Herbs, Global Medicines: Commerce, Knowledge, and Commodities in Spanish America», en SMITH y FINDLEN (eds.), *Merchants and Marvels*, pp. 163-181.

[6] Véase, más recientemente, William R. NEWMAN, *Atoms and Alchemy: Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution*, Chicago, University of Chicago Press, 2006; William R. NEWMAN y Lawrence M. PRINCIPE, *Alchemy Tried in the Fire: Starkey, Boyle, and the Fate of Helmontian Chymistry*, Chicago, University of Chicago Press, 2002; también Antonio CLERICUZIO, *Elements, Principles and Corpuscles: A Study of Atomism and Chemistry in the Seventeenth Century*, Dordrecht, Kluwer, 2000.

colaboración o por separado, han dedicado muchos esfuerzos a modificar nuestra percepción de lo que verdaderamente significó la alquimia durante los siglos XVI y XVII, restándole importancia a la dimensión espiritual de una supuesta búsqueda de la Piedra Filosofal. Sostienen que la visión actual, predominantemente espiritual, de la alquimia es heredera de una concepción distorsionada que se remonta al misticismo del siglo XIX y a la psicología de Jung, ya en el siglo XX. La verdadera alquimia de los siglos XVI y XVII, sin embargo, consistiría en una serie de prácticas indistinguibles desde un punto de vista categorial de la química, por lo que Newman y Principe hablan de un solo campo unificado, la «química», caracterizado por sus técnicas y procedimientos, así como la considerable cantidad de conocimiento teórico y práctico que reunió. La indiferencia de estos autores ante la dimensión espiritual de la alquimia, dimensión representada en innumerables manuscritos, libros impresos, heredera tanto de las enseñanzas místico-religiosas de Paracelso como de textos provenientes de la antigüedad y la tradición árabe, puede interpretarse quizás como una reacción desmesurada contra las anteriores concepciones de la alquimia, que precisamente concentraban su interés en todos estos aspectos. En todo caso, el trabajo de Newman y Principe ha mostrado que tanto las técnicas de carácter práctico como las doctrinas teóricas de la alquimia, sobre atomismo y corpuscularismo, desempeñaron un papel muy relevante en relación con las obras de filósofos naturales como Robert Boyle o Isaac Newton, además de muchas otras figuras menos conocidas. Incluir algo más sobre todo esto en mi libro habría sido ciertamente interesante.

Las inquietudes alquímicas de Paracelso se centraron principalmente en la medicina, otra de las áreas temáticas que este libro pasa de algún modo por alto. A pesar de los numerosos trabajos e investigaciones que apuntan en esa dirección, sólo recientemente he sabido apreciar la enorme importancia que las cuestiones médicas tuvieron para los avances filosóficos del siglo XVII[7]. No sólo hallamos ejemplos

[7] Harold J. COOK, «The New Philosophy and Medicine in Seventeenth-Century England», en David C. LINDBERG y Robert S. WESTMAN (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution,* Cambridge, Cambridge University Press, 1990, pp. 397-436; para más casos véase, por ejemplo, Steven SHAPIN, «Descartes the Doctor: Rationalism and Its Therapies», *British Journal for the History of Science,* 33 (2000), pp. 131-154; Barbara BEIGUN KAPLAN, *«Divulging of Useful Truths in Physick»: The Medical Agenda of Robert Boyle,* Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1993.

de numerosos médicos envueltos en discusiones sobre el conocimiento de la naturaleza, sino también muchos casos de filósofos naturales sin formación médica, como Descartes o Bacon, muy interesados en cuestiones relacionadas con la salud humana y la longevidad. El componente médico de estos nuevos acercamientos a la naturaleza aunaba objetivos terapéuticos específicos e ideas sobre filosofía natural diseñadas explícitamente para ser aplicadas. Descartes, por ejemplo, escribió su *Tratado del hombre*, un estudio mecanicista sobre el cuerpo humano, motivado por preocupaciones médicas. Fue también consejero sobre asuntos médicos de la princesa Isabel de Bohemia. Él mismo no veía ninguna razón por la que no debiera vivir hasta una edad muy avanzada —su muerte a la edad de cincuenta y cuatro años, tras automedicarse durante un tiempo, debió sorprenderle a él tanto como a sus contemporáneos—. Por otro lado, uno de los proyectos de historia natural de Francis Bacon era una *Historia de la Vida y de la Muerte*. El papel desempeñado por las agrupaciones profesionales de médicos, como las numerosas facultades de medicina en las universidades, u organismos como el Royal College of Physicians en Inglaterra, también merecen un estudio más atento, por ejemplo en relación con las pugnas entre los boticarios partidarios del paracelsianismo y los médicos seguidores de Galeno. La relevancia del Royal College es clara en el caso de William Harvey, Thomas Willis y Thomas Sydenham[8].

Una parte del libro que me habría interesado especialmente ampliar tiene que ver con los aspectos demográficos y socio-históricos de la filosofía natural y otras empresas científicas de la época. En este sentido, la bibliografía reciente no siempre es de gran ayuda. Dentro de esta problemática, la cuestión del género y la participación de las mujeres en las narrativas sobre la «revolución científica» han sido quizás los temas que más atención han recibido en los últimos años[9]; por otro lado, problemas vinculados al contexto

---

[8] P. M. RATTANSI, «Paracelsus and the Puritan Revolution», *Ambix*, 11 (1963), pp. 24-32; Allen G. DEBUS, *Chemistry and Medical Debate: Van Helmont to Boerhaave*, Nantucket, Science History Publications, 2001; Andrew WEAR, *Knowledge and Practice in English Medicine, 1550-1680*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000; Laurence BROCKLISS y Colin JONES, *The Medical World of Early Modern France*, Oxford, Clarendon Press, 1997; Harold J. COOK, *The Decline of the Old Medical Regime in Stuart London*, Ithaca, Cornell University Press, 1986; Robert G. FRANK, Jr., *Harvey and the Oxford Physiologists: A Study of Scientific Ideas*, Berkeley, University of California Press, 1980.

[9] Entre los numerosos estudios, véase, por ejemplo, el trabajo pionero de Londa

socioeconómico o de clase permanecen hasta cierto punto sin aclarar. Por ejemplo, el ya clásico trabajo de Charles Webster sobre Inglaterra en cierta medida no ha sido superado[10]. La mayoría de los individuos que protagonizan las historias de la «revolución científica» tienden a ser personas que publicaron libros, y este hecho sólo impone una restricción acerca de quién era importante y quién no. El campo de la medicina es quizás el área en que de forma cada vez más clara se ha detectado, desde una perspectiva histórica, un margen amplio de participación social en los saberes[11]. Y sin embargo, historiográficamente hablando, la relación entre estas cuestiones sociales y, por citar un caso concreto, los detalles técnicos de la mecánica teórica del siglo XVII no está del todo explicada[12]. El vasto campo de hechos que comprende la historia de la ciencia hace que la construcción de una narración coherente, sobre la «revolución científica» o cualquier otro período, parezca un trabajo reservado para un loco. Y sin embargo todavía creemos que es una tarea importante.

En definitiva, los objetivos que una obra como ésta puede intentar lograr son dos: por un lado, presentar al lector el entramado historiográfico que constituye, a modo de problema académico especia-

---

SCHIEBINGER, *The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science,* Cambridge, MA, Harvard University Press, 1989.

[10] Charles WEBSTER, *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform, 1626-1660,* Londres, Duckworth, 1975; 2.ª ed., Berna, Peter Lang, 2002. Entre otros trabajos importantes que tratan cuestiones similares se incluyen Deborah E. HARKNESS, «Managing an Experimental Household: The Dees of Mortlake and the Practice of Natural Philosophy», *Isis,* 88 (1997), pp. 247-262; Steven SHAPIN, *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England,* Chicago, University of Chicago Press, 1994, cap. 8, «Invisible Technicians: Masters, Servants, and the Making of Experimental Knowledge»; Eric H. ASH, *Power, Knowledge, and Expertise in Elizabethan England,* Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2004, es un estudio reciente muy interesante que trata estos temas de una forma parecida a los de Webster, aunque correspondientes a un período anterior.

[11] Sobre los libros y su publicación véase, sobre todo, Adrian JOHNS, *The Nature of the Book: Print and Knowledge in the Making,* Chicago, University of Chicago Press, 1998. La historia social de la medicina temprano moderna en Europa es hoy en día un campo extraordinariamente amplio.

[12] Y, sin embargo, en el caso de la mecánica los estudios más recientes sugieren que la distancia entre las preocupaciones de alto nivel teórico y los aspectos prácticos de la vida cotidiana no era tal. Compárese, por ejemplo, Cesare S. MAFFIOLI, *Out of Galileo: The Science of Waters, 1628-1718,* Rotterdam, Erasmus Publishing, 1994, con Domenico BERTOLONI MELI, *Thinking with Objects: The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century,* Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2006.

lizado, el tema principal del libro; y, por otro, conferir, desde una perspectiva más amplia, cierto sentido a este período y a sus temáticas, con la historiografía como guía adicional. *La revolución de las ciencias. El conocimiento europeo y sus expectativas (1500-1700)* está diseñado para lograr el segundo de los objetivos, y las cuestiones que en él se plantean apuntan hacia posibles expansiones de la visión de conjunto que ofrece. En última instancia, como en cualquier otro estudio histórico, la realidad y el alcance de la «revolución científica» dependerá de las preguntas que nos hagamos sobre ella.

Prefacio

Éste es un libro pensado tanto para estudiantes preuniversitarios o en cursos de licenciatura, como para todos aquellos interesados en adquirir una visión de conjunto acerca de lo que comúnmente denominamos la «revolución científica». Mi objetivo principal es proporcionar un marco conceptual, acompañado de la bibliografía especializada más relevante, que facilite un estudio más amplio sobre las múltiples cuestiones que puedan surgir a partir de la narración aquí propuesta.

Un libro de estas características no puede abarcar todos los temas, ni siquiera uno sólo, de forma realmente satisfactoria. Espero, al menos, que despierte el interés de los lectores por una serie de temáticas y que ofrezca los medios adecuados para estudiarlas más detenidamente. Tanto su enfoque como su contenido resultarán familiares a los profesores universitarios dedicados a materias relacionadas con este período. Me he centrado sobre todo en las ciencias matemáticas y en las ciencias físicas, y no tanto en las ciencias de la vida y la medicina. Aunque hago importantes referencias a estas últimas a lo largo del libro, hay buenas razones para pensar (aunque muchos no están de acuerdo con esto) que los avances intelectuales más importantes en las ciencias de este período se dieron en el campo de las ciencias matemáticas, las teorías sobre la materia y la metodología. Por ello, el tratamiento que hago de la historia natural, por ejemplo, a pesar de ser una parte importante de mi argumentación, no es exhaustivo en lo que a contenidos se refiere.

De la misma forma, al tratar la historia social de este período me he visto obligado a centrarme sobre todo en los aspectos conceptua-

les e institucionales del estudio de la naturaleza por parte de la élite culta. Un estudio en profundidad sobre, por ejemplo, las cuestiones de género relacionadas con el desarrollo de la ciencia moderna en este período, o sobre cuestiones de clase (siendo este último tema un factor crucial pero poco estudiado de momento) habría sobrepasado los límites de una introducción de este tipo. Aun así, he intentado proporcionar en el texto algunas indicaciones sobre su relevancia, y he incluido al final las referencias bibliográficas más importantes.

Me gustaría agradecer a los críticos anónimos de este libro, y a Paula Findlen en particular, sus comentarios, extremadamente útiles, sobre el manuscrito; sus contribuciones han ayudado a mejorarlo significativamente. En todo caso, yo soy el único responsable de los errores.

Este libro está concebido para ser usado junto a los textos originales de la bibliografía primaria, traducidos al inglés. Confío, por tanto, en que las ediciones citadas en las notas de cada capítulo constituyan un material de apoyo útil e interesante.

Introducción

Filosofía y operacionalismo

El conocimiento y su historia

¿En qué consiste el conocimiento? ¿A qué nos referimos cuando afirmamos, por ejemplo, que un pájaro sabe volar? ¿Qué significa conocer algo?

Hay una importante carga semántica en la palabra «conocimiento». Como toda palabra que acarrea muchas connotaciones, su historia es larga y complicada. Intentar comprender los diferentes significados que posee para nosotros hoy en día exigiría realizar un viaje a aquellas regiones del pasado donde estos significados fueron creados por primera vez en un formato moderno reconocible. Una de las regiones más importantes es la Europa de los siglos XVI y XVII, un tiempo y un lugar que en historia de la ciencia normalmente denominamos el período de la *revolución científica*.

En este sentido, es interesante constatar que la actividad a escala global que llamamos ciencia está todavía, incluso en el siglo XXI, coordinada según las pautas y los criterios de los centros de formación e investigación herederos de esta tradición eminentemente europea. Una tradición que, más allá del contexto europeo, fue adoptada por primera vez y a gran escala en Estados Unidos, en ocasiones con el apoyo de la formación y la emigración europeas, y que sólo llegado el siglo XX se implantó en el resto de lugares. Incluso ahora los premios Nobel de ciencias son otorgados, predominantemente, a científicos en Europa y Norteamérica, incluyendo investigadores procedentes de otras partes del mundo pero que recibieron su formación y desarrollaron sus trabajos ahí. Está claro, por tanto, que cualquier intento

de comprender históricamente la ciencia como una empresa de marcado carácter moderno deberá, en primer lugar, examinar su desarrollo desde una perspectiva y en un contexto europeos.

La percepción de que algo particularmente crucial y determinante para el nacimiento de la ciencia europea había tenido lugar durante los siglos XVI y XVII es una idea que los mismos europeos defendieron por primera vez en el siglo XVIII. El período de tiempo transcurrido desde los trabajos de Copérnico a principios del siglo XVI, que pusieron a la tierra en movimiento alrededor del sol, hasta la consolidación del sistema newtoniano a principios del XVIII (que incluía la gravitación universal como parte de un universo indefinidamente extenso) fue interpretado como una maravillosa «revolución» en el saber, sin precedentes en la historia[1]. Naturalmente, esta forma de concebir el pasado también interpretaba a su manera lo que había sucedido con anterioridad a este singular período. Así, desde esta perspectiva, el saber europeo durante la Edad Media había sido retrógrado y vacío de contenido. Los filósofos habían sido esclavos de los antiguos textos de Aristóteles; se habían preocupado más por las palabras y los argumentos que por las cosas mismas y sus posibles usos. Éste es un punto de vista, todavía hoy, muy arraigado en la cultura popular a pesar de las radicales revisiones históricas sobre la Edad Media, realizadas durante el siglo XX, que han puesto de manifiesto la invalidez de tal caricatura despectiva acerca de la vida intelectual del medievo. Sin embargo, es verdad que ciertos aspectos de este relato triunfalista del siglo XVIII acerca de sus más inmediatos predecesores han generado un enorme interés y merecido una atención duradera. Y es que, a pesar de los elementos de exageración y casi auto-complacencia, la idea de que existió una diferencia fundamental entre el saber medieval y el nuevo conocimiento generado por la entonces reciente «revolución» es ciertamente significativa. Desde esta perspectiva, el saber medieval había primado la capacidad de tratar cuestiones relacionadas con el problema abstracto de la verdad, mientras que la nueva corriente primaba un conocimiento de orden práctico acerca de la realidad y sus múltiples facetas.

A lo largo de este libro analizaremos en qué medida estas ideas son acertadas. Nuestra historia, sin embargo, será algo más compli-

[1] Véase, por ejemplo, Jean D'ALEMBERT, *Preliminary Discourse to the Encyclopedia of Diderot* [1751], trans. de Richard N. Schwab, Indianapolis, Bobbs-Merril, 1963, p. 80.

cada que la versión meramente triunfalista del siglo XVIII. A diferencia de los portavoces de la Ilustración, hoy en día no estamos seguros de que se diera un inequívoco triunfo de la razón, o que la propia ciencia moderna nuestra sea un producto neutral e inevitable del progreso. Que la ciencia forma parte de la propia cultura que la sustenta es algo que los denominados estudios históricos y sociológicos «contextualistas» han venido demostrando una y otra vez; la ciencia, insisten, es un producto de la historia. El objetivo principal de la historia de la ciencia es comprender por qué determinada gente en el pasado creía lo que creía acerca de la realidad y por qué orientaron sus pesquisas en una u otra dirección. No está en manos del historiador el conferir la verdad a las convicciones del pasado. Intentar comprender históricamente las ideas de Copérnico acerca del movimiento de la tierra alrededor del sol no depende de que éstas fueran ciertas o no. Copérnico tuvo sus razones para creer lo que creía, y el trabajo del historiador es descubrirlas; la verdad o la falsedad viene determinada por los argumentos, y éstos son los que han de estudiarse históricamente.

A la hora de explicar el cambio histórico podemos echar mano de multitud de factores, muchas veces diferentes según los casos. Las dificultades en un trabajo histórico surgen de su propia complejidad y muchas veces de la peculiaridad de los sucesos o situaciones a estudiar. Es como si a un geólogo le pidiéramos que nos explique por qué una montaña concreta tiene exactamente la altura que tiene. La elevación de ese tipo de montañas podría explicarse haciendo referencia a procesos geológicos generales, pero los detalles exactos acerca de la aparición de una montaña en particular podrían depender de aspectos desconocidos o accidentales en su historia. Del mismo modo, los historiadores no pueden proporcionar explicaciones acerca de por qué un suceso concreto, por ejemplo la guerra civil inglesa, tuvo lugar de la forma en que lo hizo. Lo que sí pueden intentar, sin embargo, es generalizar acerca de las condiciones que posibilitaron tal acontecimiento. Por decirlo de otro modo, se trata de *comprender* un suceso, no de realizar un cálculo de las probabilidades de que ocurra. El historiador quiere comprender aspectos del pasado de la misma forma que nosotros comprendemos lo que supone el hecho de que a nuestro vecino le toque la lotería, aunque no hayamos sido capaces de predecirlo.

Durante la revolución científica, los estudiosos de la naturaleza se plantearon cuestiones similares. Sus predecesores medievales, muy

criticados durante el siglo XVIII, se habían centrado sobre todo en la *comprensión* de la realidad natural. Los nuevos filósofos, en cambio, se interesaron más por la predicción y el control. No se trataba de hacer lo mismo de una manera mejor, sino de hacer algo *diferente*. Las élites culturales de la Alta Edad Media (aproximadamente, desde el siglo XII al siglo XIV) se habían desarrollado en torno a las universidades medievales, en lo que venía a llamarse el «escolasticismo». Estas nuevas instituciones estaban, en mayor o menor medida, vinculadas a la Iglesia y a su programa cultural. Como consecuencia de esto, en universidades como París u Oxford la facultad de teología era la principal entre las Facultades Mayores (aquellas que otorgaban el título de doctor); «la reina de las ciencias», se la denominaba comúnmente. De esta forma, el prestigio académico comenzó a identificarse con un filosofar abstracto dedicado al problema de la verdad; éste servía como un equivalente racional a la fe, donde primaba la convicción intelectual sobre un conocimiento de carácter más práctico.

La principal disciplina interesada en el conocimiento de la naturaleza era la denominada «filosofía natural» (*philosophia naturalis* o, a menudo, *scientia naturalis*). Otras disciplinas también se ocuparon de la naturaleza, como la medicina (otra de las Facultades Mayores) y las ciencias matemáticas. Estas últimas, además de la aritmética y la geometría, incluían estudios acerca de aquellos aspectos de la naturaleza relacionados con propiedades cuantitativas (áreas como la astronomía, la teoría musical, o la óptica geométrica). La filosofía natural, sin embargo, destacaba por encima de todas éstas puesto que adoptó como objetivo principal constituirse en la explicación filosófica de todos los aspectos del mundo natural. Fundamentalmente se basaba en los escritos aristotélicos pertinentes; y ya que Aristóteles había usado la palabra griega *physis* para referirse al conjunto del mundo natural, tanto animado como inanimado, la palabra latina medieval *physica,* o «física», se empleó de manera habitual como sinónimo de «filosofía natural».

Cómo concebía el mundo un filósofo medieval

Todas las revoluciones son revoluciones contra algo. Una forma de que sucedan es que se dé primero un derrocamiento, y después una sustitución. Por tanto, si realmente hubo una «revolución» cien-

tífica, dicho movimiento necesariamente tuvo que destronar a una ortodoxia previa. Ésta es precisamente la versión de lo sucedido que se defendía hace tres siglos. En realidad, no está nada claro en qué medida existió realmente una ortodoxia, bien establecida e incuestionable, o en qué medida las formas de pensar que la suplantaron constituyeron en sí mismas un saber realmente novedoso y unificado. Pero toda historia necesita un comienzo, y las convicciones y creencias de la mayoría de los filósofos naturales en las universidades medievales nos proporcionan el nuestro. Debemos, por tanto, estudiar los aspectos más importantes de la visión escolástica-aristotélica si queremos hacernos una idea de lo que cualquiera con una educación universitaria conocía entonces.

El objetivo de la filosofía aristotélica era la *explicación*. A Aristóteles no le interesaban tanto los «hechos» mismos como lo que él denominaba el «hecho razonado». Esto es, él quería conocer la realidad, descubriendo *por qué* las cosas eran como eran. Una mera descripción de las propiedades de un objeto o de un proceso (sus características cuantificables, por ejemplo) no servía para este propósito explicativo, puesto que, simplemente, proporcionaba algo que a su vez debía ser explicado. Esto no implicaba, sin embargo, que los sentidos, punto de partida de esta descripción, perdieran su relevancia. Al contrario, Aristóteles había enfatizado que, en última instancia, todo conocimiento proviene de los sentidos. Sin ellos, nada podría conocerse, ni siquiera las verdades de las matemáticas; estas últimas, como el resto de productos del conocimiento, se generaban, por abstracción, a partir del conocimiento sensible. El carácter aparentemente abstracto de la filosofía aristotélica medieval, su característica más criticada en el siglo XVIII, se justificaba en base a unos criterios sensoriales tan simples como éstos. No constituía, sin embargo, ninguna forma de ideal experimental que pudiera resultarnos familiar desde una perspectiva moderna.

Para un aristotélico, el conocimiento sensible servía como punto de partida para la elaboración de un conocimiento propiamente *filosófico*. Pensemos en el siguiente razonamiento, ejemplo clásico de la lógica medieval:

Todos los hombres son mortales
Sócrates es un hombre
Conclusión: Sócrates es mortal.

La información que proporcionan los sentidos se asemeja a la que proporciona la última línea (la «conclusión» de este «silogismo»): «Sócrates es mortal». Ésta es una aseveración muy específica acerca de Sócrates: únicamente puede hacerse a partir de la experiencia sensible de esta persona concreta y de su muerte. La primera línea (la «premisa mayor»), «todos los hombres son mortales», sin embargo, es una afirmación universal acerca de *todos* los hombres, en todo momento y lugar. Su carácter de verdad no puede basarse en un conjunto limitado de observaciones particulares. Con todo, la certeza, según Aristóteles, era uno de los requisitos fundamentales de toda demostración «científica». Durante el siglo XVII, críticos como el inglés Francis Bacon pusieron en duda (los consideraban argumentos circulares) estos procedimientos, basados en el silogismo, de la lógica aristotélica. Según Bacon, la afirmación universal que constituye la premisa mayor sólo podría justificarse en base a innumerables casos singulares, de los cuales la conclusión, en cualquier caso concreto, también sería en sí misma un ejemplo. La conclusión, por tanto, estaría siendo demostrada en base a una afirmación de carácter universal, a su vez justificada en parte por la misma conclusión[2].

La crítica que hace Bacon pone de relieve un aspecto muy peculiar del procedimiento de la filosofía aristotélica. La cuestión que Bacon planteaba a los filósofos escolásticos, muy sofisticados y capaces en temas de lógica, era clara y sencilla. Y, sin embargo, ellos no la interpretaron como una objeción de peso. Una cuestión tan crucial como pasar de las experiencias particulares acerca el mundo a generalizaciones con valor universal (y por tanto filosófico) era normalmente vista como un asunto trivial. La «experiencia» para un aristotélico escolástico no equivalía a una percepción sensorial de sucesos particulares. Según Aristóteles, «del sentido surge la memoria, y de la memoria repetida de lo mismo, la experiencia: pues los recuerdos múltiples en número son una única experiencia»[3].

Así, ante la dificultad planteada por Bacon se alegaba que nuestra experiencia se sustenta en un hábito psicológico; se asumía, ade-

---

[2] Véase, más adelante, capítulo 3, sección cuarta.

[3] ARISTÓTELES, *Posterior Analytics,* II.19, en Jonathan BARNES (ed.), *The Complete Works of Aristotle,* 2 vols., Princeton, Princeton University Press, 1984, vol. I, pp. 165-166. [Traducción en castellano: ARISTÓTELES, *Analíticos Segundos* en *Tratados de Lógica (Organon),* II, ed. y trad. de Miguel CANDEL SANMARTÍN, II, 19, Madrid, Gredos, 1988, p. 437.]

más, que este hábito psicológico constituye un proceso cognitivo legítimo. De esta forma, no se ponían en duda los medios habituales que empleamos las personas a la hora de crear conocimiento (tanto explicativo como inferencial); es decir, Aristóteles proporcionaba una historia natural del conocimiento pero no una epistemología seria. La postura aristotélica venía a decir así: «Si eso es lo que hacemos, entonces eso es el conocimiento».

La experiencia aristotélica, en la práctica, equivalía a un conocimiento que alguien podía adquirir al percibir «la misma cosa» en innumerables ocasiones, hasta familiarizarse completamente con ella. La salida del sol todas las mañanas sería un ejemplo de este conocimiento basado en la experiencia. El hecho de que los graves cayeran hacia abajo también era algo que todo el mundo conocía por experiencias cotidianas, y es por esto que Aristóteles pudo referirse a ello a la hora de elaborar una explicación filosófica sobre este fenómeno en su *Física*[4]. En definitiva, para un filósofo aristotélico, afirmar que su conocimiento se basaba en la experiencia sensible significaba que estaba *familiarizado* con las propiedades y el comportamiento de los objetos que estudiaba. Idealmente, sus lectores también debían estarlo, y ahí radicaba la mayor dificultad.

Además de atribuirse esta base experimental, la filosofía natural aristotélica también afirmaba ser una *ciencia* (los escolásticos usaban la palabra latina *scientia* para referirse a la *epistēmē* griega de Aristóteles). En este sentido, una ciencia con carácter de verdad era aquella que obtenía sus conclusiones a partir de premisas que eran aceptadas como verdaderas. Es decir, las conclusiones de tal proceso demostrativo se consideraban válidas siempre y cuando fueran correctamente deducidas a partir de premisas consideradas a su vez verdaderas; una mera probabilidad de verdad era insuficiente. No se trataba de requisitos banales. Parece ser que Aristóteles tomó la matemática griega practicada en su día como modelo para su ciencia ideal: la geometría de los *Elementos* de Euclides (c. 300 a. C.) usaba como premisas una serie de proposiciones que podían considerarse automáticamente válidas, bien porque eran convenciones (definiciones) o porque eran supuestamente auto-evidentes (postulados y axio-

---

[4] Está en la naturaleza de los graves que caigan hacia abajo. Aristóteles lo explica en términos de «causas», en este caso «causa final»: el lugar natural de los graves, hacia el que tienden (por ejemplo, su lugar de destino), es el centro del universo. Véase más adelante, capítulo 1, sección primera.

mas). Tomando estos fundamentos como punto de partida, y siguiendo un método deductivo muy riguroso, Euclides trataba de derivar conclusiones, muchas de ellas insospechadas, acerca de figuras geométricas. Aristóteles, en su obra los *Analíticos Segundos,* estableció un plan similar para todas las áreas del saber que aspiraran a ser ciencias, independientemente de sus temas y contenidos. Como era de esperar, fuera de las matemáticas griegas, este plan ideal de Aristóteles no llegó a materializarse de forma concreta. De hecho, cuesta imaginar, por ejemplo, una ciencia deductiva aristotélica de la zoología (un área de especial interés para él).

Aun así, el encanto de la demostración llevó a los filósofos naturales escolásticos a creer que ellos podían elaborar un saber analíticamente sólido y bien fundamentado: los términos se definirían de tal manera que se permitiese deducir conclusiones lógicas irrefutables. De esta forma, se podría definir el elemento «tierra» como la sustancia cuyo lugar natural es el centro del universo (el universo, según Aristóteles, era geocéntrico). Partiendo de esta definición, se podría explicar, al menos en principio, la centralidad de la esfera terrestre (el lugar donde todos los cuerpos pesados, en este caso, terrestres, se han ido acumulando), así como la tendencia de los graves a caer hacia abajo (buscando su lugar natural). Este tipo de recursos argumentativos es el que los críticos posteriores describirían como un ejemplo claro de mera palabrería.

La fijación del aristotelismo por una experiencia ya universalizada (en este sentido, ya generalizada, «de dominio público») produjo una filosofía natural centrada en la explicación más que en otros temas. Su propósito era comprender fenómenos *ya conocidos;* de hecho, la idea de hacer nuevos *descubrimientos* no parece haber sido central para los filósofos escolásticos de la naturaleza y su programa. El cambio de objetivos que supuso el desarrollo de esta idea de «descubrir algo nuevo» constituye uno de los elementos más característicos de las grandes transformaciones intelectuales que se vivieron durante el siglo XVII. La misma idea de descubrimiento empezó a describirse en términos geográficos; en la década de 1660, por ejemplo, Robert Hooke, de la recién fundada Royal Society de Londres, refiriéndose al microscopio, anunció la existencia de nuevos territorios por descubrir dentro del reino de lo muy pequeño. La amplitud de miras en Europa, propiciada por los viajes de descubrimiento al Nuevo Mundo, así como el correspondiente aumento del comercio a nivel mundial confirieron a esta metáfora una inmediata validez. Un tiem-

po antes del comienzo del siglo XVII, Francis Bacon ya se había referido a la misma imagen de descubrimiento, citando una profecía del Libro de Daniel para expresar sus ambiciones programáticas: «Pasarán muchos al otro lado y la ciencia se multiplicará»[5]. Efectivamente, el mundo había empezado a contener muchas más cosas de lo que la filosofía escolástica podía haber imaginado.

Sin embargo, es importante señalar que las nuevas formas de filosofía natural emergentes, desafiantes ante el aristotelismo en vigencia, llegado el siglo XVII sencillamente no daban la impresión de ser más eficaces. Para muchos escolásticos-aristotélicos al menos, no estaba nada claro que estas filosofías proporcionaran una mejor comprensión de los fenómenos ya conocidos De hecho, una de las batallas intelectuales y culturales más serias de este período se centró en los desafíos al ideal de inteligibilidad de Aristóteles, y en los intentos por sustituirlo. A través de este tipo de debates, se proponía suplantar los modelos aristotélicos de explicación física por explicaciones mecanicistas (en términos de diminutas partículas o átomos), o por formalismos matemáticos muchas veces asociados al nombre del maestro de Aristóteles, Platón. En este sentido, la adhesión a los más viejos modelos de explicación filosófica y a sus categorías continuó siendo una opción intelectual viable, pero cada vez menos popular.

Si los proyectos explicativos cambiaron, también lo hizo la investigación. Reemplazar el énfasis aristotélico en los fenómenos conocidos por uno centrado en la novedad supuso también un cambio en la concepción de la experiencia como parte del conocimiento. Así como la «experiencia» aristotélica se refería a lo ya conocido sobre cómo la realidad se comporta habitualmente, en el siglo XVII se empezaron a diseñar, con creciente insistencia, experimentos cuyos resultados revelaban muchas veces comportamientos nunca vistos hasta entonces. La investigación experimental se basaba en la idea de que lo realmente revelador acerca de la naturaleza no era tanto lo que ésta puede hacer habitualmente por sí misma como lo que nosotros podemos obligarle a hacer. Francis Bacon, en este sentido, se refería a la expe-

---

[5] Bacon se está refiriendo a los viajes de descubrimiento, y usa la imagen de los navíos atravesando el estrecho de Gibraltar y dirigiéndose a mar abierto. Francis BACON, *The New Organon*, ed. y trans. de Lisa JARDINE y Michael SILVERTHORNE, Cambridge, Cambridge University Press, 2000, Book I, aph. 93. [Hay varias traducciones en castellano. Empleamos la edición Francis BACON, *Novum Organum*, Barcelona, Fontanella, 1979), y citamos, por este orden, el libro, el aforismo y la página: BACON, *Novum Organum*, I, 93, p. 88.]

rimentación como un caso de «vejación» a la naturaleza; quizá sea significativo apuntar que Bacon, como agente gubernamental en los últimos años del reinado de la reina Isabel, había defendido la tortura (una forma extrema de vejación, está claro) como método para obtener información[6]. Por el contrario, según los aristotélicos, el filósofo aprendía a conocer la naturaleza mediante la observación y la contemplación de su «curso ordinario», no interfiriendo en él y por lo tanto corrompiéndolo. La naturaleza no era algo que se pudiese controlar.

He aquí una de las mayores y más importantes diferencias entre la antigua filosofía de la naturaleza y el nuevo proyecto que surgió a partir de la «revolución científica». Como no nos vendría mal indicar de forma algo precisa, antes de que lo intentemos explicar, qué implica el uso de este término, recurramos al tema del operacionalismo para resumir de forma clara y efectiva todas estas ideas. Desde la perspectiva operacionalista se aprecian muy bien las razones que motivaron el abandono casi definitivo de la perspectiva aristotélica. Como el propio Bacon observó, no fue una cuestión de medios sino de fines.

Volviendo a la pregunta del principio, ¿*saben* volar los pájaros? ¿*Sabe* un cocinero lo que es el pan? Bacon habría respondido «no» a la primera pregunta, y «quizá» a la segunda. Según él, no deberíamos decir de un cocinero que «sabe» acerca del pan en un sentido filosófico por el hecho de que sea capaz de hacerlo, de la misma manera que no deberíamos decir de un pájaro que «sabe» sobre aeronáutica por el hecho de ser capaz de volar. No obstante, según Bacon, un cocinero «filósofo», en posesión de un conocimiento cierto acerca de la naturaleza del pan, sería, por definición, capaz de hacerlo bien, puesto que, para Bacon, la manera de demostrar que se posee un conocimiento verdadero sobre la naturaleza de algo es ser capaz de reproducirlo artificialmente. En esto radicaba el menosprecio de Bacon hacia la filosofía natural aristotélica: ofrecía explicaciones que no podían ponerse en práctica.

El tema de este libro, en resumen, es esta reestructuración, sistemática y profunda, que se produjo en relación con las formas de pensar y conocer la naturaleza, los usos legítimos de tal conocimiento y los modos de adquirirlo. Estos cambios culturales a gran escala, que

---

[6] Un estudio interesante sobre esta cuestión es Peter PESIC, «Wrestling with Proteus: Francis Bacon and the "Torture" of Nature», *Isis*, 90 (1999), pp. 81-94.

dieron como resultado nuevos valores intelectuales y sociales, y que contribuyeron a desarrollar métodos alternativos para el estudio de la realidad, no han de interpretarse como algo meramente anecdótico en la historia sobre el surgimiento de la ciencia moderna; son en realidad una parte esencial de la misma.

Renacimiento y revolución

Nuestra historia puede dividirse en dos etapas. Por un lado, la expresión «revolución científica», que durante mucho tiempo se ha venido usando en referencia a todo el período comprendido por este libro, aquí aludirá específicamente al siglo XVII. Por otro lado, la primera de las dos etapas la denominaremos «renacimiento científico»[7]. El período de la historia europea conocido como el Renacimiento, y aquí hay que tener en cuenta las variaciones según los países, transcurrió desde finales del siglo XIV a principios del XVII. Es un período crucial en la historia por los importantes avances culturales que se dieron en todas las áreas del saber, incluyendo el científico. El movimiento cultural que caracteriza al Renacimiento fue promovido por individuos que tomaron la antigüedad clásica, el mundo de las antiguas Grecia y Roma, como modelo a seguir en su propia época. Este movimiento se propagó por vía de las reformas educativas que se estaban realizando en los colegios y universidades destinadas a la educación de las clases dominantes, lo cual facilitó la implantación de sus ideales y valores en la sociedad culta de la época. Desde Italia, el movimiento se extendió hacia el norte, a través de los Alpes, transformando la vida cultural no sólo de la minoría culta, sino también, debido a su poderosa influencia, de la sociedad en general. Para las ciencias supuso, sobre todo, un regreso a las tradiciones filosóficas (incluidas las matemáticas) y a los textos de la antigüedad. «Renacimiento» significa «volver a nacer»: el mundo antiguo que estaba «renaciendo», que se estaba recuperando, además de la arquitectura de Atenas y los poemas de Ovidio, incluía también la física de Aristóteles, las matemáticas de Arquímedes y la astronomía de Ptolomeo. Ciertamente, estas materias no interesaban a todo el mun-

---

[7] Así se explica el título del libro de Marie BOAS HALL, *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, Nueva York, Harper & Row, 1962.

do, pero, para los que mostraron interés, emular los esfuerzos de estos autores clásicos resultaba todo un logro. Nuestra atención se centrará entonces, en primer lugar, en este «renacimiento científico», que nos llevará desde el final del siglo XV hasta el comienzo del XVII.

La segunda etapa puede llamarse con propiedad la «revolución científica», puesto que sólo durante el siglo XVII la idea de perfeccionar nuestro conocimiento de la naturaleza mediante la recuperación de los métodos clásicos empezó a ser reemplazada por la convicción de que el saber desarrollado en esa época, el siglo XVII, no sólo imitaba sino que superaba los conocimientos de los antiguos. Es decir, el camino a seguir ya no lo marcaba la recuperación del saber antiguo[8]. Sin embargo, hasta principios del siglo XVII costó adaptarse a estos cambios. A finales del siglo XVI, por ejemplo, los llamados *novatores* (innovadores) todavía fueron criticados precisamente por *desatender* las indicaciones de las autoridades clásicas, algo que muchos consideraban hasta de mal gusto. En definitiva, la aceptación gradual de lo novedoso fue un factor relevante en esta historia. De hecho, la mayoría de las figuras importantes de lo que habitualmente denominamos revolución científica pertenece al siglo XVII y no al XVI. La única figura de relevancia innegable del siglo XVI es Nicolás Copérnico, quizá junto a su compañero astrónomo Tycho Brahe. Otros, como Kepler o Galileo, realizaron sus trabajos más importantes una vez comenzado el nuevo siglo, al igual que sucedió con René Descartes, Christiaan Huygens e Isaac Newton entre otros muchos. También en el siglo XVII la ortodoxia escolástica-aristotélica en filosofía se vio desplazada de su posición dominante, debido a la creciente presión de nuevas doctrinas, cada vez más poderosas y desafiantes. La filosofía aristotélica se siguió enseñando en colegios y universidades, pero para el 1700 había sufrido muchos recortes, algunos de ellos determinantes; estaba, en definitiva, plagada de problemas. Como los textos de Aristóteles estaban incluidos en muchos currículos oficiales, la inercia institucional permitió que estos retazos pervivieran hasta bien entrado el siglo XVIII. Pero el mundo había cambiado: estudiar la naturaleza era investigar cómo funcionaban las cosas y determinar con qué fines podían ser usadas.

---

[8] Aun así, había importantes excepciones, incluyendo algunos aspectos del trabajo de Newton: véase J. E. MCGUIRE y P. M. RATTANSI, «Newton and the "Pipes of Pan"», *Notes and Records of the Royal Society of London*, 21 (1966), pp. 108-143.

Capítulo 1
Los saberes imprescindibles en el 1500

El universo en las universidades

En el año 1500 las universidades dominaban la vida intelectual europea. Organizadas según los modelos establecidos en el siglo XIII, el contenido de su programa filosófico se adecuaba, generalmente, a los principios del aristotelismo escolástico ya descrito. Estos principios filosóficos no sólo servían para tratar cuestiones concretas como el problema de determinar las características formales de la explicación; constituían, también, la base de un determinado modelo teórico acerca de la estructura y contenido del universo físico. Éste era el modelo de universo que se enseñaba en las universidades. Describamos algunas de sus características más importantes.

El universo según la filosofa aristotélica era un universo esférico. La tierra, esférica y estacionaria, se hallaba situada en su centro. El ámbito de lo terrenal y el ámbito de lo celestial estaban claramente diferenciados. Así, por ejemplo, en nuestro ámbito, sobre la superficie terrestre, el movimiento característico de los cuerpos sería bien hacia el centro de la tierra (la caída de los graves) o bien alejándose del centro (la tendencia a subir de los cuerpos ligeros). Los cielos obedecían leyes diferentes: giraban *alrededor* de la tierra, sin acercarse o alejarse de ella, de manera regular, generándose así períodos temporales cíclicos que para nosotros constituirían los días o, de forma más continuada, los calendarios.

Esta forma de percibir la realidad se sustentaba en una determinada teoría sobre la materia. ¿Cómo sabemos de qué están hechas las cosas? La respuesta, según Aristóteles, consistía en observar su com-

portamiento. Por ejemplo, sobre la superficie de la tierra hay cuerpos que caen. Estos cuerpos, por tanto, tienen una propiedad característica que es la de tener peso, es decir, la gravidez. Pero no todos los graves son iguales: se dice de los graves sólidos que están compuestos, principalmente, del elemento «tierra», mientras que de los graves líquidos se dice que están compuestos principalmente del elemento «agua». Ambos tipos de elemento, cuando son desplazados de la posición que les corresponde en el universo, se comportan de manera diferente. Así, por ejemplo, dado que la ubicación natural de la tierra es el centro del universo, y la del agua consiste precisamente en permanecer a su alrededor, se puede explicar por qué los océanos tienden a distribuirse sobre la superficie terrestre, rodeando la tierra firme. Junto a los dos elementos pesados existen los denominados elementos ligeros, el aire y el fuego, que poseen, en lugar de «gravidez», la propiedad de la «levedad» o «ingravidez». Por ello observamos que tanto las burbujas de aire como las llamas del fuego tienden a subir. El aire ocupa la región por encima del agua, mientras que el fuego ocupa la que está por encima del aire. Los cuatro juntos forman la lista completa de elementos que constituyen la realidad terrestre.

Esta especie de «cebolla» terrestre, con la tierra en el centro y el agua, el aire y el fuego en sucesivas capas, ocuparía un lugar minúsculo en el universo. El enorme espacio más allá de la esfera de fuego constituía el firmamento, en movimiento cíclico alrededor del centro de la tierra. Ya que este movimiento era categóricamente diferente al de los elementos terrestres, se decía que el firmamento estaba compuesto de un único elemento, el «éter», cuyo movimiento característico por naturaleza sería precisamente el de rotación circular. (Es decir, la existencia del éter había sido inferida a partir de la observación de este movimiento continuo.)

Los cuerpos celestes visibles, esto es, la luna, el sol y los cinco planetas (aquellos observables a simple vista) eran transportados alrededor de la tierra mediante esferas transparentes, invisibles. La imagen de la cebolla se mantiene: cada esfera, con no más de un cuerpo celeste incrustado en su superficie, contenía a la siguiente, siempre en dirección convergente hacia el centro. De esta manera, al girar las esferas los cuerpos celestes giraban también. Por último, las estrellas se situaban sobre la superficie de una esfera enorme, más allá de Saturno, el planeta más alejado.

El objetivo de una teoría como ésta, recordemos, era intentar explicar lo que nosotros, habitantes de la superficie de la tierra,

observamos. Las esferas celestes, invisibles, debían estar ahí, puesto que los cuerpos celestes, visibles, tenían que moverse de alguna forma. Según los aristotélicos, un conocimiento basado en la experiencia, además de lo percibido directamente a través de los sentidos, se generaba también a partir de lo que nosotros pudiéramos *inferir* de tal experiencia.

A partir de estas ideas, Aristóteles obtenía importantes conclusiones acerca del ámbito de lo celeste. Según su planteamiento, los diversos elementos se podían clasificar en función de su preferencia por algún tipo de movimiento: hacia arriba, hacia abajo, alrededor. También podía suceder, como bien demuestra la experiencia, que los elementos se transformaran unos en otros: que un líquido se volviera sólido, que un sólido ardiera y produjera fuego, etcétera. Había por tanto una idea incorporada a la noción de elemento, al menos en lo que concierne a los elementos terrestres, y ésta era la idea de transformación, la posibilidad del cambio. Los cielos, sin embargo, eran inmunes a este tipo de transmutación. Estaban compuestos de un solo elemento, lo que impedía, necesariamente, cualquier tipo de cambio sustancial. Todo aquello compuesto por el éter podía ser, por ejemplo, más o menos denso, pero no dejaba de ser éter, puesto que no existía ningún otro elemento celestial en el que se pudiera transformar.

De esta forma, según Aristóteles, nada en el firmamento podía crearse o dejar de existir; más allá de los confines de la región terrestre no se observaría ningún cambio aparente. Sucesos tan poco frecuentes y efímeros como por ejemplo los cometas casi por definición se interpretaban como fenómenos terrestres. De hecho, Aristóteles sostenía que tenían lugar en la atmósfera superior, por debajo de la esfera más cercana a la tierra, la que transporta la luna a su alrededor. Las regiones celeste y terrestre eran, por tanto, regiones bien desiguales, constituidas por elementos físicos diferentes y gobernadas según criterios físicos distintos. Consecuentemente, a pesar de que tanto la ciencia de lo terrestre como la ciencia de lo celestial formaban parte de la filosofía natural, en realidad pertenecían a áreas diferentes.

Así era el mundo que promulgaban los currículos de las universidades de filosofía; un mundo observado, contemplado y explicado según la filosofía natural escolástica. Un mundo complicado, pero también finito, en al menos dos sentidos. Por un lado, sus dimensiones espaciales estaban limitadas: se trataba de toda la Creación con-



Figura 1.1. El universo aristotélico en el siglo XVI, de la obra *Cosmographia* (1539), de Petrus Apianus. La distribución de los planetas alrededor de la tierra se debe al astrónomo Ptolomeo, y difiere de la propuesta por Aristóteles.

tenida en una esfera enorme, pero cerrada. Por otro lado, el número de clases de entidades que albergaba también estaba estrictamente limitado. En este sentido, la filosofía natural aristotélica especificaba claramente las categorías de las diversas entidades presentes en el mundo, y clasificaba de manera exhaustiva los modos en que éstas podían ser estudiadas. La realidad natural, por tanto, no se concebía como un lugar inexplorado. Esto explica que ideas como «innovar» o «descubrir» no jugaran un papel significativo en esta particular cosmovisión; era un mundo en el que no había realmente nada nuevo por descubrir.

Es importante recordar que en 1500, a principios del período que nos interesa, el primer viaje de Cristóbal Colón era un suceso todavía

reciente (apenas habían transcurrido ocho años), y las Américas aún no habían recibido este nombre. También, y a diferencia de otras épocas , durante los siglos XVI y XVII se sucedieron las metáforas e imágenes haciendo referencia a viajes de descubrimiento y motivos geográficos: los europeos tenían la mirada puesta en un mundo que ya no se correspondía con la geografía clásica de la *Geografía* de Ptolomeo, el principal texto sobre la materia, tantas veces reeditado. No fueron, por tanto, motivos de índole filosófica exclusivamente los que hicieron que el mundo se concibiera como un lugar enorme y en gran medida desconocido e inexplorado.

Volviendo a la filosofía de Aristóteles, debemos referirnos ahora a los cuatro tipos de causas que formaban parte de su análisis de las categorías de explicación y que constituyen la base de, entre otras materias, su física (construcción teórica de gran calidad, que, como ya hemos indicado, preparó el terreno a la filosofía natural). La pregunta básica que se hacía Aristóteles era la siguiente: «¿Cómo comprendemos algo?». Su respuesta implicaba que nosotros comprendemos o explicamos algo de acuerdo a cuatro modelos, designados «causas». La «causa final» explica las propiedades o el comportamiento de algo haciendo referencia a su fin o propósito. Por ejemplo: «Yo camino porque voy hacia un determinado lugar». Esta «causa final» es ese «algo» por lo que las cosas ocurren, en el caso de sucesos o procesos, o por lo que las cosas son como son —como por ejemplo cuando se explica la distribución de los dientes en la boca haciendo referencia a la función de masticar (esto último se denomina «teleología inmanente»)—. La «causa material» se refiere a aquello de lo que algo está compuesto: mi silla arde porque está hecha de madera, un material inflamable. La «causa eficiente» equivale más o menos a lo que hoy entendemos por «causa»: es la acción por la que algo se hace o sucede. Por ejemplo, la causa eficiente del disparo de una pistola sería el apretar el gatillo o la del movimiento de una bola de billar, el golpe de otra. Por último, el cuarto tipo de causa, la «causa formal», es al mismo tiempo la más compleja y la más característica del modelo aristotélico. Esta causa se refiere a un tipo de explicación basada en la naturaleza del objeto o suceso en cuestión. Recordemos el ejemplo clásico de silogismo medieval antes mencionado:

Todos los hombres son mortales
Sócrates es un hombre
Conclusión: Sócrates es mortal

La causa formal que explica la mortalidad de Sócrates es el hecho de que él es un hombre y de que es propio de la naturaleza de los hombres el ser mortal. El motivo por el que este tipo de «causa» se denomina «formal» es que los aristotélicos llamaban «forma» a la esencia de algo.

Este concepto de forma era fundamental para el pensamiento aristotélico. De algún modo, su origen se encuentra en la reinterpretación de un problema filosófico ya estudiado por Platón, el maestro de Aristóteles. ¿Cómo podemos determinar lo que algo es? ¿Cómo sabemos, por ejemplo, que un árbol *es* un árbol, y no un arbusto o, incluso, un helicóptero? La respuesta de Platón, que Aristóteles hizo suya, consistía en afirmar que debemos *saber de antemano* lo que un árbol es para poder reconocer uno. Este saber de antemano, por ejemplo saber qué es un árbol, Platón lo describía como un conocimiento de la *forma* de árbol. Las formas, tanto para Platón como para Aristóteles, eran categorías según las cuales los objetos individuales podían ser clasificados. La categoría a la que algo pertenecía (árbol, arbusto, helicóptero) representaba el tipo de entidad que ese objeto era; Sócrates, por ejemplo, en el caso anterior, era un hombre. Por tanto, según este planteamiento, el mundo parecía compuesto de categorías, que clasificarían todo lo que existe o podría existir. Para Aristóteles el mundo era un gran sistema taxonómico, en donde todo tiene su lugar. Saber situar cada cosa en su sitio implicaba un verdadero conocimiento filosófico de la realidad. En este ejercicio de categorizarlo, las propiedades causales desempeñaban un papel crucial.

El objetivo de este proyecto filosófico era, por tanto, comprender en qué consistía la realidad. La taxonomía aristotélica de las causas determinaba qué se podía decir y qué no se podía decir acerca de los fenómenos naturales; y, no sólo eso, determinaba también qué decir acerca de tales fenómenos. (No olvidemos que, en mayor o menor medida, esto es algo propio de todo sistema clasificatorio, y, por extensión, de cualquier esquema conceptual en el que situemos un conocimiento acerca de la realidad.) Por otro lado, es importante recordar que no es cierto que la filosofía aristotélica impusiera límites a las ciencias de la naturaleza y que, por el contrario, las teorías que la suplantaron no sólo no limitaran sino que expandieran los ámbitos de trabajo de estas ciencias. En realidad, cualquier sistema habría tenido las mismas características, algunas de las cuales recordaremos en los capítulos siguientes. Pero el abandono del aristotelismo escolástico, especialmente durante el siglo XVII, estuvo acompañado de una pro-

liferación de alternativas, las cuales, de forma colectiva, sí provocaron una expansión de posibilidades, de nuevos ámbitos (a pesar de que la mayoría de estas posibilidades quizá habría sido rechazada dentro de un proyecto filosófico concreto). En el caso de todos aquellos sistemas que durante el siglo XVII se presentaron como algo novedoso, se pudo liberar a estas teorías de sus implicaciones y simplemente seguir sus preceptos por vez primera, algo imposible en el caso de su principal teoría predecesora, cuyos dominios estaban muy bien estudiados.

El conocimiento de la realidad natural y la filosofía natural

El aristotelismo escolástico dominante en Europa a comienzos del siglo XVI difería en ciertos aspectos importantes de la filosofía contenida en los textos de Aristóteles. Esta filosofía, y en particular sus partes dedicadas a la filosofía natural, había sido incorporada por primera vez al mundo académico (el de la Europa católica y romana, y latina) durante los siglos XII y XIII. Este proceso de asimilación produjo sus propios cambios, provocados por la reubicación de las áreas en las que Aristóteles y sus teorías parecían ser de mayor interés. En esta época, la inmensa mayoría de los académicos eran clérigos, pues sólo éstos recibían habitualmente una educación apropiada. Como institución dominante por toda Europa occidental y Europa central, la Iglesia desempeñó un papel muy importante a la hora de establecer el orden de prioridades a nivel intelectual; en este sentido, Aristóteles interesaba enormemente porque sus teorías podían ser utilizadas a la hora de esclarecer problemas de índole teológica. Así, tras una serie de conflictos y desavenencias durante el siglo XIII, especialmente en la universidad de París, los trabajos de Aristóteles, cubriendo multitud de temas, desde la lógica y la retórica a la meteorología, finalmente acabaron formando parte del currículo de las nuevas universidades (a pesar, incluso, de que el dogma oficial de la Iglesia todavía cuestionara algunos aspectos de su interpretación). El valor teológico de la filosofía natural era consecuencia directa de su objeto de estudio, puesto que, interpretada desde un punto de vista cristiano, era una teoría que se centraba en la Creación. Intentar adquirir conocimiento acerca de Dios mediante el estudio de lo que Él había creado era visto por muchos como una tarea eminentemente piadosa. La filosofía natural se había convertido en un proyecto, en un esfuerzo religioso, y así continuaría

durante siglos. De hecho, a principios del siglo XVIII, Isaac Newton escribió que respecto a Dios «corresponde hablar en filosofía natural a partir de los fenómenos»[1].

De todas maneras, esto no significa que la filosofía natural en la Europa medieval y a comienzos de la Europa moderna fuera *siempre* vista como algo centrado en la realidad natural, entendida ésta, explícitamente, como Creación divina. Normalmente era así, pero, como sugiere la afirmación de Newton, la asociación no se daba siempre, ni tenía carácter de necesidad. Por ejemplo, en Padua (uno de los centros universitarios más importantes), en el siglo XVI, al igual que ya había sucedido en París tres siglos antes, el denominado «averroísmo» causó una enorme controversia al intentar analizar la filosofía natural aristotélica, y debatir acerca de ella, sin tener en cuenta su contexto teológico cristiano. El filosofo árabe del siglo XII Averroes había escrito una serie de comentarios acerca de los textos aristotélicos sobre filosofía natural que intentaban explicar su contenido sin hacer referencia a cualquier doctrina religiosa añadida (en el caso de Averroes, la doctrina islámica). Durante el siglo XIII hubo un grupo de académicos cristianos en París que siguieron el ejemplo de Averroes y desarrollaron su labor interpretativa de Aristóteles, muchas veces haciendo caso omiso, de forma deliberada, de las controversias teológicas. Frecuentemente condenados, estos trabajos intentaban justificarse sobre la base de que se trataba de ejercicios de filosofía natural, y *no* de teología. Está claro, por tanto, que la filosofía natural no fue considerada siempre como un estudio de lo divino. Estas actitudes, sin embargo, se encontraron con la oposición de ciertos modelos alternativos, como el de Tomás de Aquino. Su empeño, en el siglo XIII, por erradicar el averroísmo fue enormemente influyente. De hecho, su idea de la filosofía natural entendida como «doncella» de la teología se aceptó de forma generalizada, y fue determinante de cara a la concepción posterior de la disciplina. Quizás no por principio, pero en la práctica al menos la filosofía natural y la teología se convirtieron en algo casi inseparable.

---

[1] Isaac NEWTON, *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy. A New Translation and Guide,* trans. de I. Bernard Cohen y Anne Whitman, Berkeley, University of California Press, 1999, p. 943. [Hay varias traducciones en castellano. Empleamos la edición: NEWTON, *Principios matemáticos de la filosofía natural,* ed. y trad. de Eloy RADA GARCÍA, Madrid, Alianza Editorial, 1987, Escolio General, p. 785.]

El mundo universitario de 1500 se había expandido notablemente desde la creación de sus primeras instituciones cerca de 1200. La palabra «universidad» proviene del latín *universitas,* un término que en la época medieval se usaba para referirse a toda asociación legal; sólo con el paso de los siglos la noción de «universidad» quedó asociada específicamente a aquellas agrupaciones (tanto de académicos como de estudiantes) que tenían por objetivo la educación, y que ofrecían cursos, con sus niveles y sus títulos, que los estudiantes habían de superar. Durante el siglo XV el número de universidades en Europa aumentó rápidamente, en gran parte debido a la creación de nuevas instituciones en el lado oriental de la Europa católica, como por ejemplo Polonia (Nicolás Copérnico estudió en Cracovia a finales de siglo). Estos nuevos espacios mantuvieron la misma estructura organizativa que sus predecesores medievales. Estaba en primer lugar la llamada facultad de letras, donde se enseñaban las «artes liberales», de las cuales la filosofía (natural, metafísica y moral) era la principal. Una vez obtenidos con éxito los títulos de licenciatura y maestría, aquellos alumnos interesados en doctorarse en una disciplina profesional continuaban estudiando en una de las tres facultades «mayores»: medicina, derecho o teología. En las universidades no italianas (para entendernos: al norte de los Alpes) normalmente la de teología era la más importante de las tres. Esto afectaba al modo de entender la filosofía natural, y no hacía sino reforzar la imagen ya mencionada de «sirvienta de la teología».

El hecho de no admitir mujeres era una característica que las tres facultades mayores compartían. No nos sorprende, por tanto, que no hubiera ningún tipo de lugar o función para las mujeres en las universidades; el objetivo principal de estas instituciones era educar hombres jóvenes en alguna de las profesiones estipuladas. En este sentido, la vocación típica de la Edad Media, también la más prometedora, era la religiosa (la Iglesia es el mejor ejemplo de una institución social importante reservada a los hombres exclusivamente). Los clérigos podían proceder, y de hecho así sucedía, de todos los estratos sociales; pero tenían que ser hombres. Puede que los motivos sean demasiado complicados como para poder rastrear y analizar sus implicaciones, pero se ha sugerido en más de una ocasión que el dominio masculino de la ciencia occidental podría ser una consecuencia del carácter marcadamente clerical de sus orígenes académicos. En qué medida esto habría afectado a la estructura conceptual e ideológica de las ciencias, no lo podemos saber, ya que, entre mediaciones, influencias y cone-

xiones, son demasiados los factores a tener en cuenta. En cualquier caso, será importante, de cara a los próximos capítulos, tener en cuenta este hecho sociológico básico, tan característico de los proyectos intelectuales de la Europa medieval y moderna.

Además de la filosofía natural, había otras áreas del saber interesadas en el conocimiento del mundo natural, y que también se enseñaban en las universidades. La medicina, por ejemplo, una de las facultades mayores, consistía en el estudio de la anatomía, por un lado, y de la denominada *materia medica* por otro. Llegado el siglo XVI, en las universidades del norte de Italia, pero también en otros lugares, se empezó a enseñar anatomía del cuerpo humano, cada vez de forma más generalizada, mediante disecciones realizadas ante los estudiantes, en las cuales un cadáver era estudiado a lo largo de varios días.

El acompañamiento textual de estas demostraciones era generalmente un compendio de las enseñanzas sobre anatomía de Galeno, médico de la antigüedad (segunda mitad del siglo II d. C.), como por ejemplo el manual elaborado por el italiano Mondino de Liuzzi, a principios del siglo XIV. El propósito de estas disecciones no era investigar. Se trataba de algo enteramente pedagógico, pensado para que los alumnos se familiarizasen con la estructura interna del cuerpo humano, siguiendo la doctrina galénica. La *materia medica,* por otra parte, se centraba en temas como drogas o ungüentos, y el modo de prepararlos a partir de minerales y, sobre todo, plantas (se tenía un amplio conocimiento acerca de sus propiedades medicinales). Convendría señalar que en ninguna de estas áreas de estudio, anatomía o *materia medica,* se pretendía discutir cuestiones de contenido filosófico. Y es que, a pesar de que el cuerpo humano y sus partes habían de ser comprendidos siguiendo las teorías (de filosofía natural, ciertamente) de Galeno, el estudio de la anatomía consistía en una descripción morfológica muy detallada, donde las cuestiones centradas en la explicación de lo observado no tenían cabida. La *materia medica,* a su vez, era un área en la que primaba el conocimiento práctico, frente a una comprensión de carácter más teórico. Por ejemplo, al trabajar con ciertas plantas, el médico no estaba interesado en la ciencia causal (en el sentido aristotélico) de la botánica, sino en un conocimiento empírico de sus propiedades. Y es que, a pesar de que se utilizaba el lenguaje de la filosofía natural para caracterizar las propiedades medicinales de ciertas drogas, este recurso no era un fin en sí mismo, sino una ayuda más al conocimiento médico.

El otro saber vinculado al conocimiento de la realidad natural que no guardaba relación con la filosofía natural (en este caso tanto por principios como en la práctica) era el de las matemáticas. En el contexto de la universidad medieval, las principales ciencias matemáticas eran la astronomía y, en menor medida, la música. Ambas formaban parte del *quadrivium* medieval, que estaba constituido por las ciencias de la aritmética, la geometría, la astronomía y la música. Para justificar teóricamente tal agrupamiento habría que remitirse, una vez más, a las ideas de Aristóteles: las dos primeras eran ramas de las matemáticas «puras», y su tema central eran las magnitudes abstractas. Así, la aritmética, por un lado, estudiaba magnitudes discontinuas (los números), mientras que la geometría estudiaba magnitudes continuas, bajo la forma de extensión espacial. Los componentes tercero y cuarto del *quadrivium* representaban las ramas de las matemáticas «mixtas». Por «mixtas» se entiende que su objeto de estudio era la magnitud *combinada con* algo específico. La astronomía, por ejemplo, representaba la extensión geométrica aplicada a los fenómenos celestes; la música, en cambio, representaba la asociación de números y sonidos.

Estas dos últimas disciplinas eran, por tanto, ciencias de la naturaleza a las que se negaba, explícitamente, el estatus de filosofía natural. El propio Aristóteles había clasificado estas materias como matemáticas, diferentes de la filosofía natural, porque no proporcionaban explicaciones causales. Así, el astrónomo-matemático simplemente describía el movimiento de los cuerpos celestes; en cambio, la explicación de *por qué* se movían así era competencia del filósofo natural. Asimismo, el músico-matemático codificaba las proporciones numéricas correspondientes a determinados intervalos musicales (proporciones cuya manifestación física más conocida eran las variaciones en la longitud de las cuerdas de un instrumento). Y del filósofo natural se esperaba una explicación acerca de la *naturaleza* del sonido.

Este modo de caracterizar las ciencias matemáticas contribuyó a dar forma a la estructura curricular de las universidades europeas de 1500. Así, por un lado, la filosofía natural era un componente importante de la educación liberal, mientras que, por otro lado, los estudios matemáticos figuraban como disciplinas independientes y especializadas, dedicadas a resolver problemas prácticos de índole computacional. Entre ellas, la astronomía era la más importante en las universidades, por varios motivos. En primer lugar, sus aplicaciones prácticas se valoraban enormemente, incluyendo el uso de los calen-

darios, por ejemplo, para calcular la variación en las fechas de las fiestas religiosas (aunque esto se había convertido en algo sencillo y rutinario para cuando se fundaron las primeras universidades), así como el diseño de horóscopos. Recordemos que, en esa época, la astrología no era una especialidad diferente de la astronomía; el astrónomo era también astrólogo, y para ejercer la astrología había que dominar la astronomía, la ciencia del movimiento de los cuerpos celestes. La enorme importancia práctica de la astrología se debía a su empleo en medicina, un tipo de medicina, erudito, en el que la elaboración de horóscopos era un procedimiento habitual a la hora de pronosticar el desarrollo de una enfermedad. De hecho, si los estudios de astronomía durante la Edad Media, en la universidad de Padua por ejemplo, figuraban entre los más importantes, se debía a que la facultad de medicina allí era la más importante de las tres facultades mayores (ejemplo este de un orden de preferencias que se reflejaba y repercutía a su vez en los contenidos pedagógicos).

Astronomía y cosmología

Para la tradición universitaria medieval, la relación entre la astronomía y la cosmología era ciertamente problemática, y sólo con la llegada de la generación anterior a Copérnico la situación se aclaró de forma significativa. La palabra «cosmología», en su sentido moderno, proviene del siglo XVIII, pero resulta muy útil emplearla para describir numerosas hipótesis (de siglos anteriores) sobre física celeste, así como ciertos planteamientos filosóficos acerca de la estructura y funcionamiento del universo como un todo. Antes de los trabajos de Copérnico, la cosmología de las universidades era, a grandes rasgos, como ya hemos indicado, un producto aristotélico, y como tal reducía la dinámica celeste a movimientos perfectos, uniformes y circulares (el tipo de movimiento natural propio de las esferas compuestas de éter). La autoridad más importante de la antigüedad en esta materia, Ptolomeo (siglo II d. C.), había escrito el libro que después se convertiría en la gran obra de referencia para astrónomos posteriores, tanto griegos como árabes y latinos. Durante la Edad Media esta obra era conocida como el *Almagesto,* una deformación de su título en árabe; en griego era la *Síntaxis,* o «recopilación». Ptolomeo había iniciado el *Almagesto* con un breve estudio acerca del entramado físico que servía de trasfondo a sus teorías y observaciones, un marco teórico

basado en la filosofía natural de Aristóteles. Continuando la tradición de los astrónomos griegos anteriores a él, Ptolomeo reducía a dos, uniformes y regulares, los tipos de movimientos elementales (potencialmente observables) constitutivos de la dinámica celestial. Esta tradición, supuestamente iniciada por Platón, concordaba con la versión de la física celeste aristotélica. Sin embargo, a pesar de que ésta era la teoría física a la que Ptolomeo hacía referencia, la mayor parte del *Almagesto* (una vez aceptadas las teorías cosmológicas de Aristóteles) se basaba en la tradiciones matemáticas de la astronomía griega, independientes del aristotelismo. Por tanto, no es de extrañar que la astronomía ptolemaica, tal y como era practicada en la Edad Media, quedara excluida de la filosofía natural.

El *Almagesto* fue traducido del árabe al latín en el siglo XII, y a pesar de convertirse en el texto de referencia, los astrónomos latinos que lo siguieron no adoptaron todas las complejidades del trabajo original de Ptolomeo (y menos aún los refinamientos y las mejoras añadidos por siglos de astronomía árabe). La astronomía ptolemaica se basaba en argumentos aristotélicos para justificar su idea de una tierra esférica, estacionaria, situada en el centro, y rodeada de cuerpos celestes en órbitas circulares alrededor de ella (órbitas cuyas trayectorias y demás detalles se explicaban por medio de un sistema de círculos secundarios). La figura 1.2 representaría una versión muy simple del modelo ptolemaico. En este diagrama no se incluye el movimiento diario del cielo; realmente el diagrama entero debería girar alrededor de la tierra una vez al día.

Ahora bien, es preciso señalar que la hipótesis de una simple trayectoria circular alrededor la tierra, situada en el centro, no habría concordado con las observaciones. A pesar de que, en general, las esferas celestes parecían girar alrededor de la tierra siguiendo trayectorias circulares, las órbitas planetarias presentaban ciertas anomalías. Por ejemplo, Marte, Júpiter y Saturno, a lo largo de su trayectoria, de oeste a este, a través de las estrellas, parecían, primero, reducir progresivamente su velocidad para, a continuación, girar sobre sí mismos y continuar, después, en su dirección original. Este giro se denominaba movimiento «retrógrado» y el fenómeno, «retrogradación». En la figura 1.2 el círculo menor representa este movimiento. El planeta se mueve de manera uniforme alrededor del círculo menor (llamado «epiciclo») y, a su vez, el centro de ese círculo gira de manera uniforme alrededor del círculo mayor (llamado «deferente»). Si el movimiento circular menor completa varias vuel-

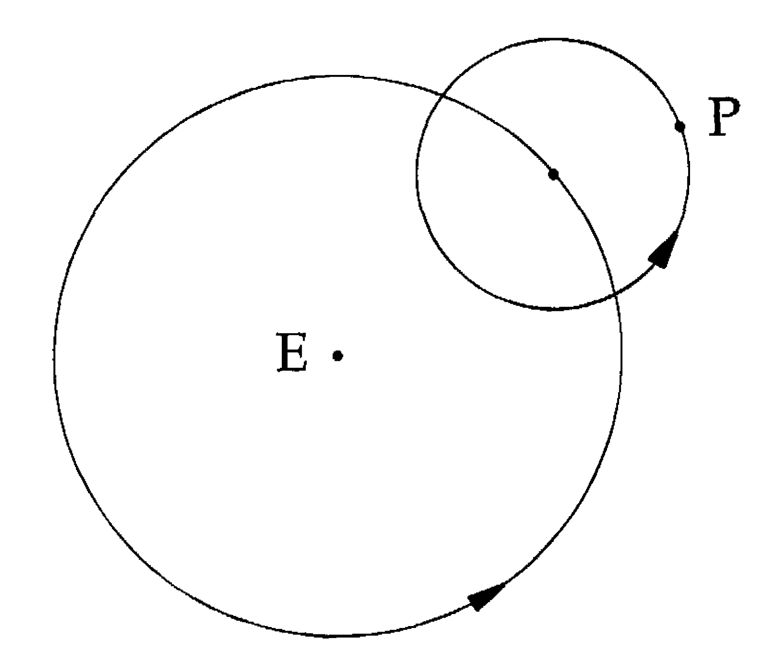


Figura 1.2. Ejemplo de modelo planetario básico, como los empleados por Ptolomeo. El planeta gira siguiendo la trayectoria del epiciclo, cuyo centro, a su vez, describe un círculo (círculo deferente) alrededor de la tierra.

tas por cada giro del círculo mayor, desde el centro parecerá que el planeta retrocede sobre sí mismo cada vez que pasa por el punto del círculo menor más cercano al centro del sistema (figura 1.3). Esta idea constituía, para Ptolomeo, la base de sus explicaciones acerca del movimiento de los planetas alrededor de la tierra. De cara a obtener la máxima precisión, los modelos de este tipo requerían muchas mejoras y añadidos, como, por ejemplo, la inclusión de círculos secundarios adicionales.

Considerar, sin embargo, estas ideas como *explicaciones* del movimiento de los planetas habría sido algo muy discutible desde la perspectiva de la filosofía natural de entonces. No se explicaba *por qué* tales círculos se movían así, ni siquiera de qué estaban compuestos. Además, los centros de rotación de estos círculos (en este caso, el epiciclo) eran, en numerosas ocasiones, puntos que no se correspondían con el centro de la tierra (ni con el del universo, por tanto). Sin

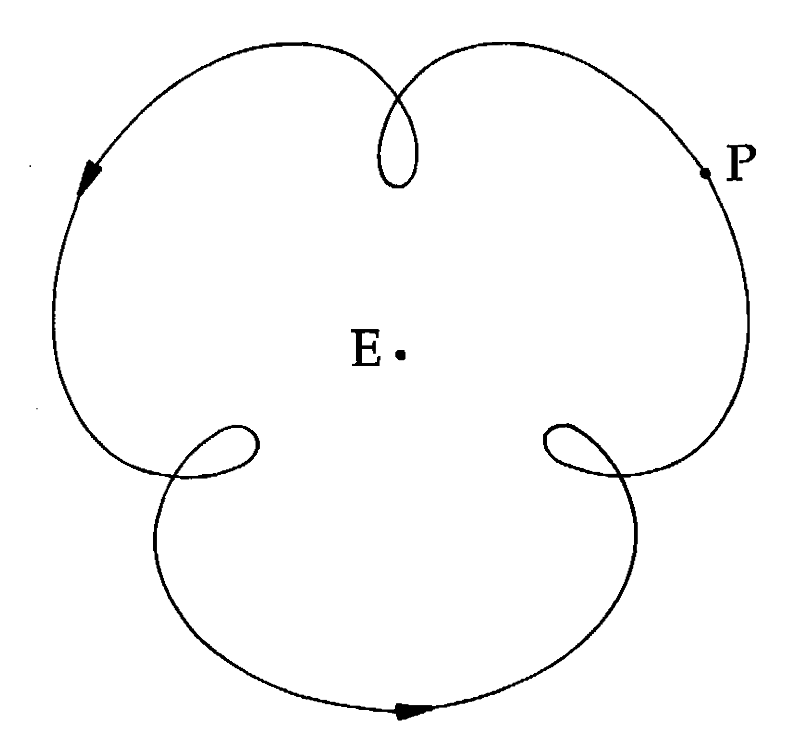


Figura 1.3. El epiciclo en el modelo planetario ptolemaico sirve para explicar el aparente movimiento de retrogradación observado desde la tierra (cada vez que el planeta alcanza el punto de máxima cercanía).

embargo, el concepto de circularidad de los movimientos celestes asumía, según Aristóteles, que éstos giraban alrededor de un centro único, la tierra. Ante esta aparente contradicción cabe preguntarse: ¿cuál era realmente el estatus de los modelos ptolemaicos, como sistemas físicos, durante la Edad Media?

Por un lado, puede decirse que eran simplemente instrumentos de cálculo. Mientras las soluciones numéricas que generaran concordasen con las posiciones celestiales observadas, poco le importaba al astrónomo matemático si estos modelos, con sus detalles, representaban movimientos reales o ficticios. ¿Eran estos epiciclos y círculos deferentes algo real, o un producto de la imaginación del astrónomo? Desde un punto de vista práctico, el astrónomo no debía preocuparse por esto; resolver esta cuestión no mejoraría sus

cálculos. Pero para el filósofo natural el asunto no era tan simple. Estas preguntas acerca de las causas físicas, que apenas preocupaban al astrónomo, para el filósofo eran cuestiones de enorme relevancia.

En este sentido, la cosmología medieval se centró más en cuestiones generales acerca de la naturaleza del cielo y las causas de los movimientos celestes que en los detalles relacionados con tales fenómenos (que dejaban en manos de los astrónomos, como si realmente no importaran demasiado). Sólo en contadas ocasiones los filósofos naturales medievales se interesaron por cuestiones relacionadas con el significado físico de los complejos sistemas de círculos manejados por los astrónomos. Por lo demás, dada la jerarquía de disciplinas en las universidades medievales, no era difícil evitar este tipo de solapamientos; la filosofía natural, dedicada al estudio de las causas y la naturaleza de la realidad, estaba muy por encima de la astronomía, una actividad de carácter meramente práctico.

Los físicos, por tanto, desde su posición de superioridad podían hacer caso omiso de los conceptos empleados por los astrónomos, de la misma manera que un botánico podría mostrarse indiferente ante los conocimientos prácticos de un jardinero. Por su parte, los astrónomos, en mayor medida aún que los filósofos, pasaron también por alto este y otros problemas relacionados con la supuesta (in)compatibilidad entre la física y las matemáticas aplicadas al estudio de los movimientos celestes; de hecho, en los tratados sobre astronomía de la Edad Media esta problemática ni siquiera se menciona.

Ésta era la situación desde la introducción del *Almagesto* en el mundo cultural cristiano, hasta la segunda mitad del siglo XV (la generación anterior a Copérnico). Desde el siglo XIII, uno de los textos sobre astronomía más importantes a nivel pedagógico había sido el trabajo anónimo titulado *Theorica planetarum*. La primera palabra del título se traduce normalmente como «teoría», pero se refiere, de manera más específica, a los «modelos teóricos», en este caso geométricos, de dinámica celestial que esta obra contenía: modelos del sol, de la luna y de los cinco planetas (incluía instrucciones para realizar cálculos con ellos). Es importante recalcar que, a pesar de estar obviamente basados en los modelos del *Almagesto*, estos del *Theorica* eran claramente mucho más simples (puesto que no incluían muchas de las complejidades que Ptolomeo había añadido para que los resultados coincidieran con los datos de las observaciones). También

THEORICA

THEORICA TRIVM
orbium Solis.

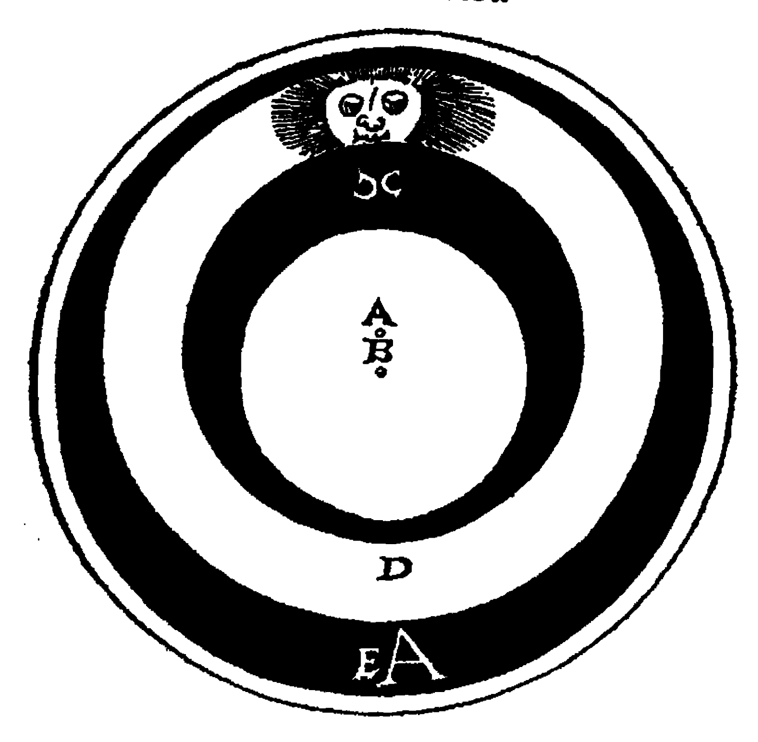


Figura 1.4. Interpretación de la realidad física en el modelo astronómico ptolemaico, a cargo de Peurbach, en su *Theoricae novae planetarum:* cada círculo en el modelo geométrico es interpretado como una esfera sólida tridimensional. B representa la tierra, en el centro. A es el punto (el eje, perpendicular a la página) sobre el que gira la esfera D, que transporta el sol. Las órbitas de los planetas son explicadas empleando técnicas similares, algo más complicadas.

debemos recordar que las *Tablas Alfonsinas* (c. 1272), empleadas de forma generalizada durante la Edad Media para determinar posiciones en el cielo, habían sido calculadas, para cada uno de los cuerpos celestes, empleando modelos geométricos muy sencillos en comparación con los modelos ptolemaicos. En realidad, mientras las predicciones fueran lo suficientemente buenas, la precisión, en sí misma, no

era lo prioritario. Esto es una muestra más del carácter eminentemente práctico de la astronomía medieval[2].

Hacia la segunda mitad del siglo XV, sin embargo, Georg Peurbach (o «Peuerbach»), un astrónomo alemán en Viena, escribió, con fines pedagógicos, un texto titulado *Theoricae novae planetarum,* impreso finalmente en el año 1475. Como el mismo título sugiere, se trataba de ofrecer una alternativa, mejorada, al viejo *Theorica planetarum.* El libro de Peurbach mostraba el mismo tipo de material que su predecesor, y aunque dedicaba algunas secciones a mejorar ciertos aspectos de determinados modelos, de ninguna manera trataba de emular las complejidades del *Almagesto.* Eso sí, el libro introdujo cambios importantes en lo referente al modo de representar los modelos. Quizá el más innovador fue que, a la hora de reproducir los diferentes tipos de movimiento, Peurbach empleó esferas sólidas con un determinado grosor (figura 1.4), en lugar de mostrar diagramas compuestos por líneas geométricas (como en la figura 1.2).

De esta manera, el sol, que antes se movía a lo largo de una línea deferente, ahora se veía convertido en un cuerpo incrustado en la pared de una esfera deferente, que a su vez quedaba dentro de una esfera, hueca, mucho mayor, que también contenía la tierra. Esta forma de representación, indiscutiblemente *física,* parecía más compatible con la idea de una sucesión de esferas físicas (defendida por Aristóteles y los filósofos escolásticos) que con cualquier otro modelo geométrico abstracto. Era la primera vez que un astrónomo, y no un filósofo natural, se preguntaba por el carácter físico de sus modelos: Peurbach quería pensar que sus instrumentos matemáticos poseían referentes físicos. Si bien antes, por motivos y sutilezas de carácter observacional, los astrónomos matemáticos se habían visto obligados a añadir círculo tras círculo al modelo original de Aristóteles, Peurbach insistía en que estos círculos debían ser interpretados como entidades físicas reales que la astronomía había descubierto (*descubierto,* porque para que se produjeran los fenómenos observados en el firmamento estos círculos, de alguna manera, tenían que existir). Peurbach, por tanto, se negaba a tratar la astronomía matemática como algo puramente instrumental (algo así como los cálculos de navegación de hoy en día, que producen resul-

---

[2] En general, lo ideal era situar los planetas en su signo zodiacal, por ejemplo, dentro un margen de quince grados, por razones astrológicas.

tados exactos, pero que, por conveniencia, asumen que la tierra permanece inmóvil).

Fue a través de trabajos como el de Peurbach, esto es, versiones muy similares al propio *Almagesto,* como Copérnico, a finales del siglo XV, tuvo acceso a las teorías astronómicas de Ptolomeo. Su libro de referencia era una obra escrita conjuntamente por Peurbach y su colaborador, Regiomontanus, titulada *Epitome in Almagestum* (*Compendio del Almagesto*). Aunque completada alrededor del 1640, no fue publicada hasta el año 1496 (en Venecia); para entonces, Copérnico ya había iniciado sus estudios de astronomía en la universidad. El *Epitome* es, como su título sugiere, un compendio del *Almagesto* escrito con la intención de mostrar detalladamente los modelos geométricos de Ptolomeo. Mucho más elaborado que el *Theorica planetarum,* o incluso el *Theorica novae* de Peurbach, el *Epitome in Almagestum* representaba, cerca de 1500, el culmen de la ciencia astronómica latina. Una ciencia astronómica que, como ya hemos visto, amenazaba de algún modo con invadir los dominios de la filosofía natural al reclamar con insistencia su derecho a formar parte de las teorizaciones sobre al ámbito celestial.

Más allá de la universidad

Llegado el año 1500, la cultura material era un componente esencial de la vida intelectual europea. Desde finales del siglo XV, Europa venía asimilando el impacto que había supuesto la invención, por parte de Johann Gutenberg, en la ciudad alemana de Mainz, de la imprenta de tipos móviles, una nueva tecnología cuyo uso muy pronto se extendió por todos los territorios alemanes y el norte de Italia, especialmente Venecia. La proliferación, durante la segunda mitad del siglo XV, de establecimientos dedicados a la impresión podría explicarse si tenemos en cuenta dos características importantes de la sociedad europea (europea occidental) del momento. Por un lado, el nivel de alfabetización era lo suficientemente alto como para sostener el mercado de libros y panfletos. Por otro lado, las opciones filosóficas y, en general, intelectuales, durante este período, aumentaron considerablemente. La consecuencia de estos dos factores fue que para mucha gente el saber dejó de ser algo ligado exclusivamente a los textos del currículo de las universidades. Ésta era una situación nueva, prácticamente sin precedentes.

En 1500, las opciones intelectuales de interés para el nuevo ambiente literario eran todavía más bien escasas. De todas ellas, la más influyente, quizás, fuera el denominado neoplatonismo de Marsilio Ficino, quien, a mediados del siglo XV, había emprendido la tarea de traducir al latín los trabajos de Platón (que no habían recibido demasiada atención durante la Edad Media)[3]. Con anterioridad, había traducido una serie textos que, aunque hoy sabemos que fueron escritos a principios de la era cristiana, en su momento se pensaba (así lo creyeron Ficino y la mayoría) que formaban parte del corpus de textos más antiguo conocido, obras anteriores, con un margen de varios siglos, a los escritos de Aristóteles, Platón y el resto de grandes autores de la cultura clásica.

Las obras en cuestión pertenecían al denominado «corpus hermético», conjunto de textos supuestamente escritos por un sabio del antiguo Egipto llamado Hermes Trismegistus (Hermes «tres-veces-grande»). Su característica más notable (además del hecho de que contenían información muy valiosa sobre el tipo de magia que se practicaba en los antiguos templos egipcios, información recogida en un texto hermético ya conocido durante la Edad Media) era la particular concepción metafísica del universo que presentaban. Como era de esperar, esta concepción se asemejaba bastante a la de las doctrinas neoplatónicas de la antigüedad tardía (la misma época, como antes hemos señalado, en la que ahora creemos que se compuso realmente el «corpus hermético»). Asumiendo que los escritores neoplatónicos, como, por ejemplo, Plotino (siglo III), habían desarrollado sus doctrinas a partir de las implicaciones más misteriosas y místicas de los trabajos de Platón, Ficino creyó que los tres conjuntos de textos (el «corpus hermético», la obra de Platón y los escritos neoplatónicos) constituían una antigua tradición de sabiduría mística, que se remontaba hasta los tiempos de Moisés en el Antiguo Testamento.

El principal atractivo de estas doctrinas era su descripción del universo como una unidad espiritual, en la que las diferentes partes se relacionaban por *simpatías* o *antipatías,* también de carácter espiritual. En este contexto, la astrología, asociada sin duda a este tipo

[3] Ciertamente hubo una corriente «platónica» en la teología y la filosofía de la Edad Media, pero apenas se estudiaron los textos de Platón. El platonismo medieval fue más bien el resultado de la interpretación de otros autores, especialmente el padre de la Iglesia San Agustín (c. 400 d. C.)

de planteamientos, era una práctica muy extendida (aunque, también es verdad, llevaba siéndolo desde hacía siglos). Lo novedoso de la astrología desde esta nueva perspectiva neoplatónica o hermética defendida por Ficino era que aspiraba a usar las influencias de los astros con fines prácticos, concretos, en lugar de simplemente predecir y documentar de una forma pasiva sus efectos. Dicho de otro modo, éste era un tipo de astrología que pretendía hacer realidad el sueño de dominar la naturaleza mediante la magia. En este sentido, el astrólogo-mago (del cual otro buen ejemplo, de finales del siglo XV, es el florentino Giovanni Pico della Mirandola) ansiaba poder hacer uso de los poderes de las estrellas en su interacción física con los objetos de la tierra.

Esta corriente de magia neoplatónica dentro del pensamiento renacentista, claramente diferente de los planteamientos propios de las universidades, no podría ser clasificada, en un sentido estricto, como *filosofía natural* no-aristotélica, porque aspiraba a ser más que eso. Su objetivo era lograr un control operativo sobre la naturaleza; es decir, se trataba realmente de una forma de *magia,* un tipo de tecnología destinada a fines prácticos, y no un estudio filosófico dedicado a comprender la realidad como un fin en sí mismo. No obstante, debido a que algunas de sus conclusiones coincidían con ciertas propuestas filosóficas no ortodoxas, el neoplatonismo sí se convirtió en una de las vías de entrada de las posturas no-aristotélicas en el panorama filosófico de la época.

Obviamente, durante la Edad Media también había habido magia, pero no estaba considerada como una práctica incompatible con la filosofía natural aristotélica. El mundo aristotélico era un mundo de regularidades, pero no de un determinismo estricto. Por ello, de vez en cuando, podía suceder algo fuera de lo normal, y ahí es donde operaba la magia, en ese espacio sin leyes ni regularidades.

En cualquier caso, la misma categoría de magia puede resultar algo engañosa. El término, en su sentido más general, hacía referencia al arte de la manipulación, y, más específicamente, a la capacidad de realizar cosas maravillosas, fuera de lo común, cosas que tendían a provocar asombro. Nos encontramos, por tanto, con una variedad de prácticas bajo esta misma rúbrica, como, por ejemplo, la magia «espiritual», que funcionaba invocando la ayuda de los espíritus, tanto ángeles como demonios (esto último se conocía como magia «demoníaca», asociada a la brujería), o la magia «natural». Esta última, supuestamente, se aprovechaba, no tanto de las habilidades de

los agentes espirituales, como de los poderes «ocultos» de la naturaleza. La acción del imán sobre el hierro, por ejemplo, era una demostración muy común de tales poderes. La magia era un arte de hacer cosas, una tecnología, y el mago era alguien que sabía cómo ponerla en práctica. Frente al ideal contemplativo de Aristóteles, por tanto, representaba una clase de conocimiento muy distinto.

Pero este tipo de saber, de carácter más bien operativo, se manifestaba también en otras áreas, y de maneras diferentes. Gracias a la imprenta, por ejemplo, no sólo se publicaron tratados sobre magia en latín, pensados para el lector culto, sino también textos en lenguas vernáculas, como ciertos dialectos del italiano y del alemán. Indudablemente, estos textos contaban con un número de lectores potencialmente mayor. Bastaba con saber leer, no era necesaria una educación académica que permitiera entender latín. En consecuencia, nuevos tratados como los «libros de secretos» ofrecían información de carácter práctico, aunque también arcano y misterioso, a gente con una educación más bien mediocre. Este género en concreto se puso realmente de moda en el siglo XVI, todo gracias a la imprenta. Los propios maestros impresores aumentaban la demanda de tales libros, prometiendo a sus lectores todo tipo de consejos prácticos que hasta entonces (o, al menos, así se afirmaba) habían sido propiedad exclusiva de los diferentes gremios. Los consejos de tipo médico eran especialmente populares, con libros que ofrecían recetas para el tratamiento de una gran variedad de enfermedades. Uno de los autores más importantes, durante la primera mitad del siglo XVI, de estos textos médicos en idiomas vernáculos fue Walther Hermann Ryff, un individuo con cierta formación en medicina y farmacia. Ryff publicó un gran número de obras, muy populares, en alemán, basándose, sobre todo, en textos de otros autores, incluyendo materiales tomados de los tratados latinos de las escuelas médicas universitarias. Otro ejemplo: en 1531 y 1532 aparecieron por vez primera unos pequeños cuadernillos, conocidos como *Kunstbüchlein* («pequeños libros-artesanales»), sobre una gran variedad de temas prácticos, desde manualidades a cuestiones más técnicas. Fueron los propios impresores, procedentes de varias ciudades alemanas, los que elaboraron estos libros anónimos. Su objetivo era responder a la demanda que existía por estos temas, no sólo entre el colectivo de artesanos alemanes, sino también, en un sentido amplio, entre la gente con una cultura media. Estos libros acabaron, por tanto, con el monopolio que los gremios de artesanos mantenían sobre todo conocimiento práctico relaciona-

do con la metalurgia, el tinte u otros métodos químicos, la alfarería, o cualquier otro saber relacionado con enseres, prácticas o necesidades domésticas.

El historiador William Eamon, en sus estudios acerca de este tipo de literatura, ha caracterizado estos «libros de fórmulas» como aquello que propició que el «aura de misterio» que hasta entonces había envuelto las prácticas artesanales desapareciera. A partir de entonces, según Eamon, la gente corriente pudo ver que el artesano no estaba en posesión de una sabiduría arcana, sino que simplemente había aprendido una serie de técnicas que, en principio, cualquiera podía poner en práctica[4]. Sobre esto último no podemos estar tan seguros. Estudios recientes sobre cómo se generaban y transmitían estos saberes, altamente especializados, han sugerido que los individuos pertenecientes a estos colectivos sí poseían un serie de habilidades y destrezas de dificultosa transmisión. Se trataba de un conocimiento práctico muy difícil de adquirir mediante la sola lectura de los contenidos, escuetos, de los textos experimentales (en las ciencias) o de los manuales técnicos (sobre temas artesanales en general)[5]. Por tanto, aunque Eamon tuviera razón, la idea, muy extendida durante el siglo XVI, (consecuencia de la imprenta y sus usos) de que el saber práctico, el *know how*, podía reducirse a una serie de procedimientos claros, cuyas reglas, a su vez, podían aprenderse, sin complicaciones, en los libros, pudo ser en gran medida una ilusión, un engaño. Si esto es así, se trata de un engaño que, de algún modo, ha perdurado hasta nosotros.

Dos elementos más en este conglomerado cultural emergente, la alquimia y la cábala, reclaman ahora nuestra atención. La alquimia, como el propio nombre sugiere, se había incorporado a la cultura de la Edad Media procedente de fuentes árabes. A comienzos del siglo XVI ya figuraba en algunas disquisiciones impresas, aunque, generalmente, de una manera equívoca. A partir de entonces el número de sus partidarios aumentaría considerablemente.

Una de las señas de identidad de la alquimia era su secretismo. Los escritos sobre materias alquímicas eran intencionadamente com-

---

[4] William EAMON, *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture,* Princeton, Princeton University Press, 1994, p. 113.

[5] Sobre la importancia del «conocimiento tácito» en ciencia, véase H. M. COLLINS, *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, 2.ª ed., Chicago, University of Chicago Press, 1992.

plejos y alusivos: se trataba de un saber arcano al que no todo el mundo tenía (ni debía tener) acceso. Únicamente aquellos que participaban en este tipo de prácticas y de estos conocimientos podían beneficiarse de su contenido. Es verdad, sin embargo, que cierto tipo de alquimia apareció publicada, en ocasiones, en el ya mencionado género de los «libros de secretos»; no obstante, no se trataba de la alquimia de carácter místico, muy vinculada a la astrología, practicada por los magos[6].

Ello explica que el primero de los *Kunstbüchlein,* del año 1531, llevara por título *Rechter Gebrauch d'Alchimei* (*El uso adecuado de la alquimia*). Basado en un tratado alquímico genuino, los contenidos de esta recopilación, obra del impresor, quedaban reducidos a cuestiones muy concretas, como por ejemplo la descripción de técnicas metalúrgicas o técnicas químicas (es decir, una especie de vademécum para un taller). Está claro, por tanto, que «el uso adecuado de la alquimia» no tenía en cuenta, más bien excluía, sus aspectos especulativos, o de carácter místico[7]. A pesar de todo, la alquimia, hasta la época de Newton (un alquimista de peso, a juzgar por la cantidad de material manuscrito que nos ha llegado), preservó este talante espiritual o místico. De hecho, durante mucho tiempo se siguió pensando que el estado anímico del alquimista influía en el resultado de la preparación alquímica. Es decir, un fallo en el proceso no tenía por qué depender de las técnicas empleadas: podía deberse simplemente a que el alma del alquimista no era lo suficientemente pura. Una transmutación, por ejemplo, sólo podía llevarse a cabo si la relación espiritual del alquimista con los materiales que estaban siendo manipulados era la adecuada. Dada su naturaleza, por tanto, la alquimia debía ser una práctica secreta, no un conjunto de técnicas publicables en un manual; la edición del texto de 1531 antes mencionado es una buena prueba de esto.

La cábala era otro tipo de saber secreto y mágico, muy característico de este período. Aunque de orígenes judíos, durante el Renacimiento emergió una versión cristianizada que, al igual que el neoplatonismo, se centró en recuperar los saberes arcanos de la antigüedad. En las prácticas cabalísticas se atribuían significados ocultos a palabras, normalmente nombres, de la lengua hebrea. Una palabra,

---

[6] Tycho Brahe, astrónomo de finales del siglo XVI, también se dedicó a la alquimia.
[7] EAMON, *Science and the Secrets of Nature*, pp. 114-115.

por ejemplo, podía tener asignado un determinado valor numérico, que dependía de los números atribuidos a cada una de sus letras; si dos palabras tenían el mismo valor numérico, se decía que estaban relacionadas de una manera secreta, profunda. La cábala cristiana, por ejemplo, se empeñó en mostrar que el nombre de Jesús sí correspondía en realidad con el de «Mesías», alegando que estas dos palabras poseían el mismo valor numérico. En este caso el problema de fondo, claramente, era tratar de aprovechar el misticismo judío para convencer a los propios judíos de la verdad del cristianismo. A partir de la última década del siglo XV el escritor más importante de esta tradición fue el místico alemán Johannes Reuchlin.

El hecho de que hubiera esta variedad de opciones intelectuales, estrechamente ligada a la nueva tecnología de la imprenta, sugiere que alrededor del año 1500 Europa se estaba preparando para una batalla por el control de la autoridad intelectual de proporciones épicas. Con el siglo XVI llegaría uno de los cambios más importantes de la historia europea, la revuelta protestante contra la Iglesia católica, y su rechazo a las ideas y formas de autoridad que habían dominado el continente durante siglos. Comparándolas con este desafío a la autoridad papal, las alternativas filosóficas que amenazaban la ortodoxia aristotélica parecen una cuestión menor. Pero ambos movimientos pueden ser descritos como aspectos de un mismo proceso. Tanto Lutero como Calvino, los reformistas religiosos más importantes, insistieron en la importancia de la Biblia como piedra angular de la religión cristiana, y exigieron que fuera un texto accesible a todos los cristianos, en todos los idiomas. La imprenta, desde su perspectiva, se convirtió en una herramienta eficaz para eludir el complejo sistema hermenéutico de la Iglesia católica, y poner a los creyentes en contacto directo con la palabra de Dios.

La vida erudita y la vida cotidiana

Es importante recordar qué aspectos del conocimiento de la naturaleza nos interesa tratar aquí. Tomemos el caso de la religión durante el siglo XVI: indudablemente, los cambios debidos a la Reforma protestante, y a la respuesta católica, la Contrarreforma, afectaron, en mayor o menor medida, a toda la cristiandad latina. La Contrarreforma, sin embargo, fue algo orquestado principalmente por la jerarquía eclesiástica, a diferencia de la Reforma, que contó con el

apoyo de las revueltas religiosas populares y el esfuerzo de la disidencia organizada, promovida por líderes religiosos como Lutero. En este sentido, el surgimiento de nuevas formas de conocimiento sobre el mundo natural se asemeja más al primer caso que al segundo: fue la élite intelectual (aquellos que podían determinar los saberes «imprescindibles») quien decidió el destino del conocimiento durante este período, sin contar con la participación de las otras esferas sociales. No está nada claro, la verdad, en qué medida la «revolución científica» de los siglos XVI y XVII afectó a la gente ordinaria. Las innovaciones que se produjeron apenas afectaron a sus quehaceres diarios; de haber algún cambio, se debía normalmente a factores causales diferentes, como las creencias religiosas o las propias costumbres.

Por otro lado, hasta tiempos recientes, cierta interpretación de la «revolución científica» (en su sentido más clásico) ha insistido en que a finales del siglo XVII lo que se produjo realmente fue un «declive de la magia» generalizado[8]. Según este planteamiento, las creencias en la brujería y en otros componentes mágicos, supuestamente «irracionales», que formaban parte de la visión europea del mundo, sucumbieron ante el avance del racionalismo científico. Esta interpretación, sin embargo, ha perdido credibilidad en años recientes, a raíz de nuevos estudios históricos sobre este tema. En realidad, la creencia popular en prácticas como la brujería y la astrología no perdió su fuerza hasta bien entrado el siglo XVIII; incluso una parte de los intelectuales, a finales del siglo XVII y en años posteriores, creía, en cierta medida, en ellas. Por tanto, esta interpretación tradicional según la cual la nueva actitud «científica» emergente arrasó con toda forma de superstición no parece demasiado fiable. Una prueba de ello la encontramos en el análisis de la caracterización que los pensadores del siglo XVIII hicieron de los dos siglos precedentes. Una reivindicación tan notoria como la suya (a saber, que durante el siglo XVII se había producido una auténtica «revolución» filosófica) formaba parte de su esfuerzo por poner en descrédito aquellas instituciones y formas de pensar a las que ellos, intelectuales del siglo XVIII, se oponían. En este sentido, la Iglesia (en Francia, la Iglesia católica), con toda su parafernalia sobrenatural (milagros, apariciones, etc.) era el blanco principal de las críticas de estos filó-

[8] El texto clásico es Keith THOMAS, *Religion and the Decline of Magic: Studies in Popular Beliefs in Sixteenth- and Seventeenth-Century England*, Londres, Penguin Books, 1978.

sofos «racionales» del nuevo siglo. Si este tipo de creencias no hubiera sido un fenómeno tan generalizado, ni hubiera pervivido hasta el siglo XVIII, no habría sido necesario proclamar su caducidad de una manera tan insistente.

Es importante tener esto en cuenta desde el principio, porque la imagen de una Europa supersticiosa y crédula en 1500 cediendo el paso a una Europa, para 1700, racional y científica, todavía influye, de una manera muy significativa, en nuestro modo de interpretar el pasado. La astrología, la demonología y otras muchas prácticas del siglo XV constituyeron una parte importante del fermento intelectual de los dos siglos siguientes. En definitiva, no fueron la antítesis de una nueva racionalidad que finalmente acabaría con ellas. La historia raras veces es así de simple.

Capítulo 2

Humanismo y saber antiguo: el conocimiento en el siglo XVI

Lenguaje y saber

Los desafíos a la ortodoxia escolástica de las universidades tuvieron un origen, a primera vista, insospechado. Uno de los aspectos, sobre el que apenas se insiste, de la educación liberal en las universidades medievales es la enseñanza del conjunto de temas que desde la temprana Edad Media (c. 600 d. C. en adelante) se venía llamando el *trivium*. El *trivium* consistía en tres partes: la gramática, la lógica y la retórica. Servían de acompañamiento a las materias, de índole matemática, del denominado *quadrivium* (geometría, aritmética, astronomía y música). Las siete materias juntas formaban las «siete artes liberales». Verdaderos pilares de la educación superior durante la antigüedad clásica, estas «artes liberales» fueron adoptadas como base para los programas educativos del período medieval temprano.

Pasado un tiempo, el currículo de las nuevas universidades del siglo XIII seguía inspirándose en el modelo de las siete artes liberales, pero sólo de una forma aproximada. La lógica, por ejemplo, que ahora contaba con los hasta entonces inaccesibles textos aristotélicos, mucho mejores que los resúmenes del medievo temprano, adquirió una nueva relevancia y un nuevo estatus epistemológico (parecido, de alguna forma, al de la filosofía natural y la metafísica). Las materias del *quadrivium,* por su parte, tuvieron mayor o menor fortuna según los períodos y según las diferentes instituciones, pero (exceptuando la astronomía, como ya hemos visto) no destacaron de forma significativa. Igualmente, los otros temas del *trivium,* la gramática y la retórica, apenas generaron interés. Por un lado, la gramática latina se

había convertido en una materia propia de la educación preuniversitaria (era un prerrequisito para los estudios universitarios, puesto que todo se enseñaba en latín). Y, por otro lado, la retórica, una disciplina centrada en el arte de la persuasión, jugaba un papel muy pequeño, ya que el estudio de los modos de argumentar pasó a ser competencia exclusiva de la lógica. Aun así, el estatus académico de la retórica iba a cambiar radicalmente en el siglo XV.

Normalmente empleamos el término «humanismo» para referirnos al movimiento cultural que sentó las bases del Renacimiento (aproximadamente, a partir del 1400 en adelante). Se trata de un término, de carácter histórico, posterior, derivado de la expresión latina contemporánea *studia humanitatis*. En las universidades italianas del siglo XV, los *studia humanitatis* eran aquellas disciplinas cuyo tema principal era el lenguaje: la gramática, la retórica y la poética. Se fomentaba el uso de un latín correcto (con el tiempo se incluyó el griego) y se valoraba un estilo literario elegante en composición. La proliferación de este tipo de estudios en diversas universidades del norte de Italia fue fruto de la tenacidad y la voluntad de autoafirmación de los individuos que enseñaban estos temas. Estos académicos, a quienes podríamos llamar los «humanistas» originales, reclamaron con creciente insistencia una mayor presencia de sus materias en los currículos de las universidades, oponiéndose a la filosofía aristotélica escolástica que hasta entonces los había dominado.

Las condiciones locales en el norte de Italia desempeñaron un papel fundamental a la hora de promover esta situación, contribuyendo así al éxito de este nuevo movimiento. En esta época toda la península italiana era un mosaico de pequeños Estados. La ciudad-Estado, en concreto, era el modelo típico en el norte: Milán, Venecia o Florencia. Cada ciudad, incluidos los territorios que la rodeaban (en ocasiones enormes, como es el caso de Florencia, abarcando incluso otras ciudades importantes) contaba con un alto nivel de autonomía política, y en su interior la vida cívica no estaba sujeta de manera exclusiva al poder de los príncipes y gobernantes. Los primeros humanistas aprovecharon esta circunstancia: insistieron en la importancia de una educación humanística de cara a la formación de ciudadanos activos y políticamente responsables. Una educación en los *studia humanitatis,* sostenían, preparaba mucho mejor al futuro ciudadano que la lógica propuesta por los filósofos aristotélicos. En este sentido, el arte de la retórica era sumamente importante (sobre todo para cualquiera con aspiraciones políticas): mediante su

enseñanza, los humanistas no sólo pretendían elaborar y perfeccionar técnicas para el discurso, sino también desarrollar en el individuo las capacidades y destrezas necesarias en todo hombre de Estado[1]. Como veremos a continuación, en cuestiones de retórica, Cicerón, senador y orador romano del siglo I a. C., era el gran modelo a seguir.

Para el educador humanista, Cicerón personificaba todas las virtudes del buen estadista republicano. Durante los últimos años de la República romana, Cicerón había sido un importante líder político, y sus discursos en el Senado, considerados por todos clásicos de la oratoria, todavía se conservaban y podían ser estudiados. Además, Cicerón había escrito acerca del arte de la oratoria, sentando la base y las reglas sobre cómo componer un discurso y declamar con éxito. Por tanto, en los textos de Cicerón se hallaba tanto la teoría como la práctica de la retórica, lo cual, para los humanistas del Renacimiento, era como un tesoro oculto hasta entonces que había que desenterrar. En resumen, Cicerón podía mostrar a la sociedad moderna cómo debía organizar la vida pública. La dificultad principal aquí era, por supuesto, saber combinar un discurso efectivo con el tipo de valores que, idealmente, se atribuían al orador político. De nuevo, Cicerón era el modelo apropiado. No sólo había hablado y escrito bien; sus discursos eran admirados también por su contenido. La nueva ideología humanista defendía que estos dos aspectos, en realidad, eran inseparables: nadie que no adquiriera la sabiduría de Cicerón podría igualarle en elocuencia, puesto que sólo el saber podía generar tal elocuencia. De este modo, el arte de la retórica de Cicerón adquirió una cualidad casi mística. En la práctica, esto hizo que los alumnos fueran instruidos en la *imitación* del estilo latino de Cicerón y de otros autores clásicos importantes. La idea de un necio elocuente no se sostenía; sería un oxímoron, alegaban los educadores humanistas.

El siglo XV fue testigo de la gradual difusión del programa cultural humanista. A mediados de siglo cruzó los Alpes, y unas décadas más tarde ya se había incorporado al estilo y los contenidos de los planes curriculares de universidades en países tan distantes como Polonia. Durante el siglo XVI, la educación humanista forjó un estilo cultural común entre las clases dominantes, que, finalmente, acabó

---

[1] En ocasiones, aunque no de forma generalizada, también se organizaron escuelas humanistas para mujeres, con el mismo propósito.

estableciéndose tanto en las universidades como en otros centros de educación avanzada.

Previamente, durante el siglo XV, humanistas como Lorenzo Valla, por ejemplo, habían cuestionado la filosofía y la teología escolásticas desde una perspectiva tanto académica como moral. También habían criticado su lenguaje, por haberse alejado de las normas clásicas, basadas sobre todo en el vocabulario y la gramática de Cicerón. Estos humanistas adujeron que el latín escolástico medieval era un barbarismo, especialmente problemático en los textos de teología (sobre todo la teología «tomista» de Tomás de Aquino); es decir, se empleaba un mal latín al servicio de ciertas sutilezas de la lógica aristotélica, que aplicadas a la metafísica daban lugar a una forma de teología que poco tenía que ver con las doctrinas del Nuevo Testamento.

En contraste con esto, la situación que emerge en el siglo XVI es más bien de coexistencia, en lugar de conflicto. El renovado interés por la retórica y la literatura clásica, restos recuperados del viejo *trivium,* hizo que los valores del humanismo se extendieran por todo el territorio académico. Los humanistas, en efecto, lograron cierto reconocimiento, aunque sin derrotar a sus rivales escolásticos. Como consecuencia de la formación humanística que los filósofos, bajo este nuevo plan educativo, llevaban recibiendo desde hacía décadas, encontramos que los comentarios a las obras de Aristóteles están escritos en un latín clásico, humanista, y no en el latín «bárbaro» de los escolásticos medievales. Vemos también que se incorporan los detalles de los textos griegos originales, en lugar de utilizar únicamente las traducciones latinas medievales.

Fomentar un latín elegante, sin embargo, no era el único objetivo del nuevo *ethos* de las universidades del siglo XVI. Cicerón encarnaba el modelo ideal para los humanistas porque había sido capaz de combinar elocuencia y sabiduría a la hora de gestionar los asuntos cívicos, pero también, y sobre todo, porque era una figura de la antigüedad clásica. Entre los humanistas se daba por supuesto que los mayores logros del saber, en todas las áreas de la cultura, se habían producido durante la época clásica (logros que, desde entonces, nunca habían sido igualados, ni mucho menos superados). Por tanto, el orador-estadista más importante de la antigüedad era, prácticamente por definición, el mayor orador-estadista de todos los tiempos. De forma similar, las figuras más importantes en los restantes campos del saber constituían, a su vez, los modelos de referencia. Desde esta perspectiva, el esfuerzo de los humanistas por mejorar las condiciones cultu-

rales y académicas de su tiempo acabó identificándose con el deseo de emular y recuperar los éxitos de los antiguos. En este sentido, «*renovación*», y no «progreso», era el santo y seña de los humanistas. El saber de los antiguos era algo que había que rescatar para, de alguna, manera frenar el declive que imperaba desde la caída del imperio romano.

El renacimiento científico

La palabra «renacimiento», como ya hemos indicado, significa «volver a nacer». Los humanistas apoyaron el uso de una terminología de este tipo para referirse a su propia época, puesto que su intención no era otra que propiciar el «renacimiento» de la cultura clásica. De esta forma, mostraban su rechazo ante la barbarie de la «Edad Media» (el nombre se lo debemos a los propios humanistas).

La idea de renovar la cultura regresando a lo antiguo surge por primera vez en las ciencias a mediados del siglo XV. La figura principal aquí es Johannes Müller, más conocido como Regiomontanus (Regiomontano), apelativo basado en la versión latinizada del nombre de su ciudad natal, Königsberg. Regiomontano fue un matemático y astrónomo, y también un humanista, especialista en literatura latina (sobre todo Virgilio). Esta afinidad por la antigüedad influyó enormemente en sus trabajos; el ejemplo más claro es su *Epitome in Almagestum,* obra que escribió en colaboración con un contemporáneo suyo, Georg Peurbach, humanista y astrónomo de Viena[2]. El prefacio de este libro, escrito alrededor del año 1460, es un panegírico humanista donde Regiomontano compara las glorias de la antigüedad clásica con la pobreza cultural de entonces. En concreto, hace referencia a la penosa situación en que se encontraban los estudios matemáticos, y propone que la única vía de solución era la suya propia.

Entre 1460 y 1470, Regiomontano se dedicó a promulgar sus ideas por diferentes lugares. Sobrevive el texto de una conferencia en Padua, del año 1464, ante un público universitario, sobre la historia de las matemáticas: la *Oratio introductoria in mones scientias*

[2] Regiomontano completó el *Epitome in Almagestum* tras la muerte de Peurbach, en 1461. Véase también capítulo 1, sección tercera.

mathematicas (*Discurso introductorio sobre todas las ciencias matemáticas*). El planteamiento de la *Oratio* estaba diseñado de manera que el propio Regiomontano parecía formar parte de una tradición matemática cuyos orígenes se remontaban a la primera geometría de Egipto, pasando por las matemáticas de la antigua Grecia, las sucesivas traducciones al árabe y después al latín de estos trabajos, hasta llegar a las ciencias matemáticas del presente, de las cuales, en su opinión, la astronomía era la más importante. Regiomontano, por tanto, se veía a sí mismo como partícipe de una tradición en continuidad con el pasado.

Regiomontano puso en práctica las ideas humanistas de «declive» y «renovación», aplicándolas al terreno específico de las ciencias matemáticas. En este sentido, la *Oratio* y su prefacio al *Epitome* son ejemplos típicos de la ideología humanista, y podemos encontrar paralelismos en otras obras importantes del siglo XVI, en cuyos textos también se tratan cuestiones científicas. Impreso en 1496, el *Epitome* tuvo una enorme influencia en los programas formativos sobre astronomía de finales del siglo XV; en general, su retórica humanista de «restauración» encontró un público muy receptivo.

De todos los astrónomos que siguieron los pasos de Regiomontano, quizás el más importante fuera el canónigo polaco cuyo nombre conocemos familiarmente en latín, Nicolaus Copernicus. Copérnico había estudiado en la universidad de Cracovia, una de las nuevas universidades polacas del siglo XV. Además de ser una institución con una importante tradición en astronomía, Cracovia también se había convertido, a finales de siglo, en un centro de referencia para el nuevo saber humanista (en su currículo se insistía en la importancia de los idiomas clásicos y en el valor de los textos de la antigüedad).

Cuando el *Epitome* se terminó de imprimir en Venecia, Copérnico se encontraba estudiando en Italia. Regresó a Polonia con ciertos conocimientos en materia médica, pero nunca se especializó en medicina. Unos años más tarde, en 1509, publicó su primer trabajo, la traducción latina de un poema griego. Para 1512 ya había terminado la primera versión de un nuevo sistema astronómico destinado a sustituir al de Ptolomeo. Esta obra, conocida como el *Commentariolus* (*Breve comentario*), comenzaba con un estudio sobre la astronomía ptolemaica, y sus supuestas limitaciones. Todas las evidencias sugieren que Copérnico por aquel entonces, estaba claramente influenciado por el *Epitome in Almagestum* y no por el *Almagesto* de Ptolomeo (obra que no se imprimió hasta que en 1515 apareció una versión lati-

na del texto árabe, y cuya versión en el griego original no vio la luz hasta 1538). El *Commentariolus* pasó a ser un texto muy conocido en los círculos de astrónomos durante el siglo XVI, pero sólo de forma manuscrita. La versión impresa del nuevo sistema de Copérnico no se publicó hasta más tarde, en 1543.

Ese trabajo posterior, titulado *De revolutionibus orbium celestium* (*Sobre las revoluciones de los orbes celestes),* que hizo de la tierra un planeta en órbita alrededor del sol, fue presentado como un proyecto de renovación de la antigua tradición astronómica griega. En el prefacio del libro (dedicado al papa Pablo III), Copérnico describe su planteamiento haciendo referencia, como en el *Commentariolus,* a los problemas detectados en el ejercicio de la astronomía de entonces. Declarando que su intención es mejorar la situación presente, Copérnico recurre a una estrategia típicamente humanista: invoca, y convoca, a las autoridades de la antigüedad:

> «Me esforcé en releer los libros de todos los filósofos que pudiera tener, para indagar si alguno había opinado que los movimientos de las esferas eran distintos a los que suponen quienes enseñan matemáticas en las escuelas. Y encontré en Cicerón que Niceto fue el primero en opinar que la tierra se movía. Después, también en Plutarco encontré que había algunos otros de esa opinión, cuyas palabras, para que todos las tengan claras, me pareció bien transcribir [a continuación incluye una cita de la obra de Plutarco Opiniones de los filósofos]»[3].

Ante esta aparente digresión, Copérnico concluye: «En consecuencia, aprovechando esta ocasión empecé yo también a pensar sobre la movilidad de la tierra. Y aunque la opinión parecía absurda, sin embargo [...] sabía que a otros se les había concedido tal libertad antes que a mí, de modo que representaban algunos círculos para

---

[3] Nicholas COPERNICUS, *On the Revolutions,* trans. y comentarios de Edward ROSEN, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1992, p. 4. [Traducción en castellano: COPÉRNICO, *Sobre las revoluciones (De los orbes celestes),* ed. de Carlos MÍNGUEZ y Mercedes TESTAL, Madrid, Editora Nacional, 1982, p. 93.] La cita de Plutarco es la siguiente: «Algunos piensan que la tierra permanece quieta, en cambio Filolao el Pitagórico dice que se mueve en un círculo oblicuo alrededor del fuego, de la misma manera que el Sol y la Luna. Heraclides el del Ponto y Ecfanto el Pitagórico piensan que la tierra se mueve pero no con traslación, sino como una rueda, alrededor de su propio centro, desde el ocaso a el orto» (COPÉRNICO, *Sobre las revoluciones,* p. 94).

demostrar los fenómenos de los astros»[4]. Hallar un precedente en la antigüedad clásica era esencial de cara a justificar sus propias teorías acerca de la movilidad de la tierra. En esta época, presentar el trabajo propio como algo innovador no era la mejor manera proceder: las innovaciones carecían de solidez y contenido.

No debemos interpretar, sin embargo, la retórica empleada por Copérnico como un mero formalismo. No existe indicación alguna de que Copérnico no viera su «nuevo» sistema astronómico como la continuación, legítima, de un legado antiguo representado por Ptolomeo, ni de que no entendiera su propio trabajo como un ejercicio de restauración. Por el contrario, contamos con evidencias que demuestran que ésta es, en realidad, la forma en que Copérnico interpretó sus propios esfuerzos.

La primera discusión impresa sobre la astronomía heliocéntrica de Copérnico fue obra de Georg Joachim Rheticus, profesor de matemáticas de la universidad de Wittenberg, y apareció publicada en el año 1540. Rheticus, luterano, había viajado en 1539 a Toruń, al oeste de Polonia, para visitar a Copérnico. Lo que motivó su visita fue no sólo la enorme reputación que con los años había adquirido Copérnico (como astrónomo matemático, aunque nunca fue un gran observador), sino también los rumores acerca del nuevo sistema astronómico elaborado por él. En este trabajo de 1540, titulado *Narratio prima* (el «primer informe» sobre el sistema copernicano) podemos encontrar un resumen de los planteamientos de Copérnico así como un elogio a sus virtudes (que para Rheticus se concretaban en el carácter de *verdad* de la teoría). En la *Narratio prima* se aludía con frecuencia al texto, aún sin publicar, del *De revolutionibus*. Rheticus, de hecho, fue una figura decisiva de cara a convencer a Copérnico para que publicara dicha obra (escrita, según dejó anotado en una carta, «imitando a Ptolomeo»)[5]. La palabra «imitación», empleada por Rheticus como signo inequívoco de aprobación, muestra una vez más de qué manera el propio Copérnico y sus contemporáneos percibían su trabajo. Copérnico «imitaba» a Ptolomeo de la misma forma que un retórico humanista principiante imitaba a Cicerón; era una manera de adquirir su arte, su técnica, su destreza. A ojos de sus colegas matemáticos, por tanto, la reputación de

[4] COPÉRNICO, *Sobre las revoluciones*, p. 94.

[5] Citado en Alexandre KOYRÉ, *The Astronomical Revolution: Copernicus-Kepler-Borelli*, Londres, Methuen, 1973, p. 29.

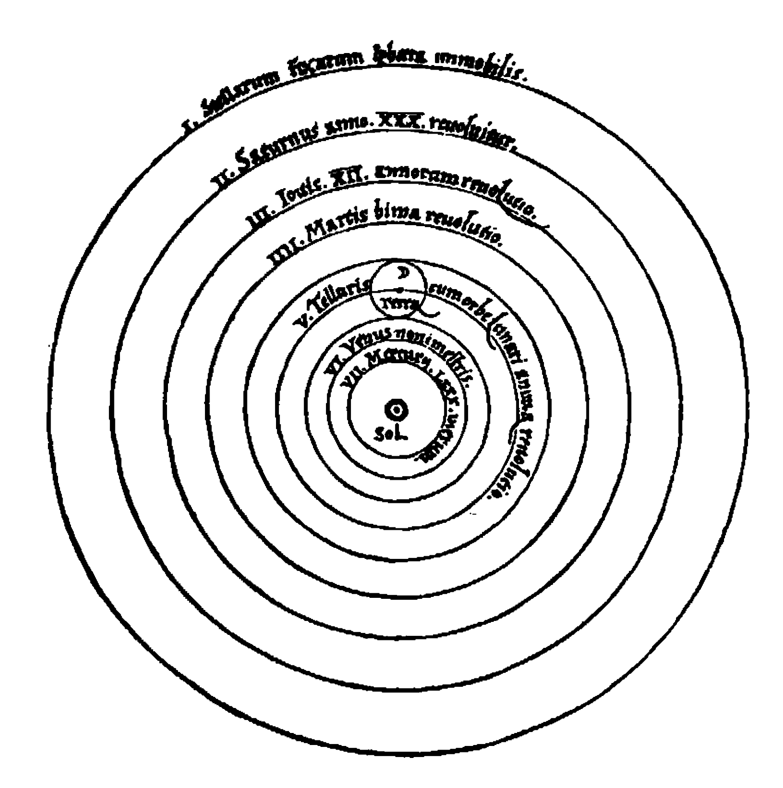


Figura 2.1. Estructura del universo según Copérnico (no se incluyen los círculos adicionales, necesarios para lograr mayor exactitud). De la obra de Copérnico *De revolutionibus*.

Copérnico era consecuencia de su demostrada pericia en la elaboración de modelos geométricos sobre fenómenos celestes, modelos que diseñaba empleando las técnicas y respetando las restricciones (usar únicamente movimientos circulares uniformes) de la astronomía clásica (véase figura 2.1). Y todo ello a pesar de que Copérnico, al poner a la tierra en órbita alrededor de un sol central y estacionario, se había apartado del planteamiento ptolemaico de una forma radical.

Lo interesante de esta reformulación es que no tenía sólo un carácter astronómico, es decir, no era simplemente un nuevo método para calcular órbitas celestes. La propuesta de Copérnico aspiraba a poseer un carácter *físico,* una significación cosmológica. Es cierto que la idea de una tierra móvil, descentrada, invalidaba

muchos de los principios fundamentales de la física aristotélica. Sin embargo, como veremos más adelante, la manera en que un astrónomo evitaba extraer conclusiones físicas problemáticas de la astronomía copernicana consistía precisamente en comportarse como un *astrónomo,* y no como un *filósofo natural*[6].

En su empeño por intentar desarrollar su proyecto y reclamar, al mismo tiempo, la vigencia de los saberes de la antigüedad, Copérnico formaba parte de la gran corriente cultural y académica de su época, el humanismo renacentista. Él no fue, por tanto, una figura aislada y apartada en lo que hemos llamado «Renacimiento científico», movimiento estrechamente ligado al ideal de renovar la sociedad moderna mediante la restauración de los saberes clásicos que fue extendiéndose a lo largo del siglo XVI a medida que el modelo educativo humanista era asimilado por la sociedad culta.

El saber de los antiguos

Otra figura notable en la historia de la ciencia, cuya trayectoria debe ser estudiada en el contexto de este mismo movimiento cultural, es Andreas Vesalius (Vesalio), anatomista y médico de Bruselas. Vesalio es sobre todo conocido por sus influyentes publicaciones (la imprenta desempeña, de nuevo, un papel crucial en esta historia), entre las que destaca el libro *De humani corporis fabrica* (*Sobre la estructura del cuerpo humano*), publicado, como el *De revolutionibus* de Copérnico, en el año 1543.

Vesalio estudió medicina en la universidad de París, y más tarde ejerció la docencia en las universidades de Lovaina, París y Padua. Casi toda la información que poseemos acerca de sus comienzos académicos se la debemos a su propia versión de los hechos, versión cuyo formato y contenido responden a unos objetivos e intereses muy particulares. Por suerte, tenemos suficientes datos acerca de cómo eran las universidades en las que ejerció, de manera que podemos contrastar sus escritos. En cualquier caso, de lo que no cabe la menor duda es de que Vesalio, además de contar con el apoyo intelectual necesario, poseía los saberes y las destrezas propias de un académico humanista.

---

[6] Véase capítulo 1, sección tercera.

Vesalio nació en 1514. Con apenas veinte años entró a formar parte en el proyecto de elaboración de una nueva edición académica de los trabajos de Galeno (la principal figura de la medicina clásica), edición que apareció publicada en el año 1541. El objetivo, con esta edición, era presentar nuevas, y mejores, versiones en latín de los textos griegos de Galeno, que incluyeran un aparato crítico comentando y explicando las sutilezas filológicas del lenguaje y la terminología galénicas. Una labor de este tipo era central para el proyecto intelectual humanista: la cultura clásica no podía ser revivida sin una comprensión detallada de sus fuentes. A la hora de presentar su *De fabrica,* Vesalio se aprovechó de esta misma sensibilidad humanista. En el prefacio dedicado a Carlos V, emperador del Sacro Imperio Romano Germánico, el libro es descrito como una contribución a la restauración general del saber. Al igual que Copérnico en lo referente a la astronomía, Vesalio comienza con una diatriba sobre el estado decadente de la medicina contempotánea y su progresivo declive desde la antigüedad. A continuación relata por qué decide escribir este libro, en una época en que «la anatomía ha empezado a levantar cabeza, de manera que puede decirse sin contradicción que parece casi haber recuperado en algunas universidades su antiguo esplendor»[7]. Vesalio explica así sus objetivos:

> «Yo decidí que esta rama de la filosofía natural había de ser revivida. Aunque no consiga entre nosotros alcanzar un desarrollo mayor que el que logró antes con los primeros profesores de disección, se desarrollará, por lo menos, hasta tal punto que nosotros podremos afirmar, sin vergüenza, que la actual ciencia de la anatomía es comparable a la de los antiguos, y que en nuestro tiempo nada como la anatomía se ha degradado tanto, para después recuperarse en su totalidad»[8].

Para Vesalio, la referencia en cuestiones de medicina antigua era Galeno. Galeno había sido la autoridad médica más importante de la Edad Media, al igual que Ptolomeo había sido la máxima autoridad en astronomía. En este sentido, de la misma manera que el renacimiento humanista en astronomía se centró en recuperar la totalidad del pro-

---

[7] Traducido en C. D. O'MALLEY, *Andreas Vesalius of Brussels 1514-1564,* Berkeley, University of California Press, 1964, p. 320.

[8] *Ibidem.*

yecto ptolemaico (en lugar de, simplemente, hacer un uso práctico de sus resultados), el objetivo del proyecto médico humanista fue recuperar la *clase de medicina* sobre la que Galeno había escrito (en lugar de repetir mecánicamente sus palabras como si fueran verdades absolutas). Así, en el pasaje citado arriba, habla de la recuperación de un método de disección que pueda compararse con el de los antiguos. Como anatomista que era, Vesalio estaba particularmente interesado no sólo en acentuar la relevancia de los trabajos de Galeno sobre esta materia, sino también en subrayar la importancia de su propia experiencia adquirida como cirujano. Llama la atención el hecho de que Vesalio, en este texto, describa la anatomía como una «rama de la filosofía natural», puesto que este modo de caracterizarla enfatiza su carácter contemplativo y no tanto su lado práctico (al que sí hace referencia en otro lugar del prefacio). Ciertamente, la concepción que el propio Galeno tenía de la anatomía había estado enormemente influenciada por la filosofía de Aristóteles, una filosofía más orientada hacia la comprensión que hacia los aspectos prácticos[9]. En cualquier caso, y aunque reconocía los errores en los escritos anatómicos de Galeno, Vesalio los adoptó como el modelo a seguir, hasta tal punto que incluso organizó las materias del *De fabrica* de acuerdo a los principios de la filosofía anatómica galénica en lugar de seguir los métodos convencionales de su tiempo. Así, a pesar de que por aquel entonces las disecciones mostraban, antes que nada, las vísceras (simplemente porque se descomponían antes que las otras partes), ya que Galeno había argumentado que un estudio acerca de la estructura del cuerpo humano debía comenzar por las partes de carácter más externo (venas, arterias, músculos y nervios), para después adentrarse en las vísceras, Vesalio, imitándole, empezó describiendo aspectos externos del cuerpo (como, por ejemplo, que la estructura esquelética es su armazón principal)[10]. Vesalio, en definitiva, estaba interesado en presentar la anatomía como una «rama de la filosofía natural», de acuerdo con los «criterios de Galeno»[11].

A diferencia de Copérnico, Vesalio no propuso modificaciones teóricas radicales en nombre de la restauración. Era consciente de que los modernos estaban mejor capacitados a la hora de investigar

---

[9] Galeno estaba particularmente interesado en proporcionar explicaciones sobre anatomía en términos de causas finales.

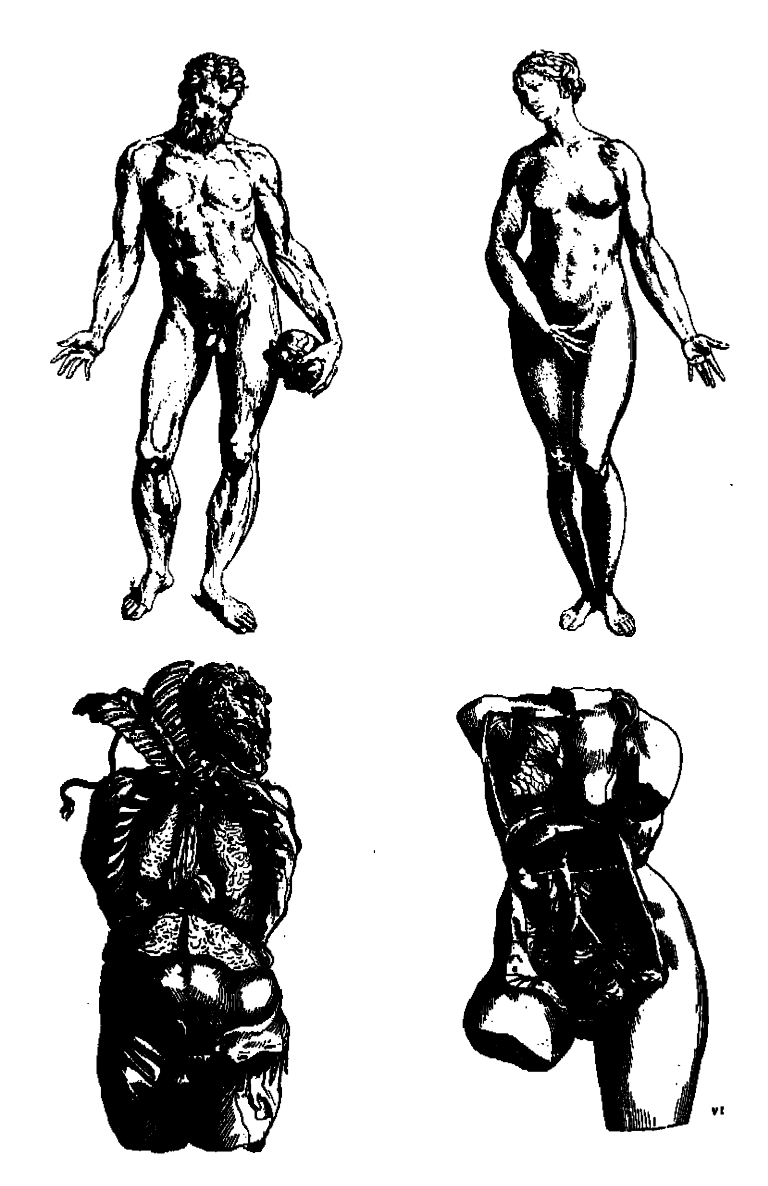
[10] Vesalio, en O'MALLEY, *Andreas Vesalius*, p. 322.

[11] *Ibidem*.

la anatomía humana, puesto que Galeno se había basado en disecciones de simios, no de cadáveres humanos. Es más, Vesalio no negaba que Galeno podía ser corregido en ciertos puntos. Pero no estaba interesado en cuestionar su sistema general, con sus descripciones acerca de las causas de las enfermedades y el funcionamiento fisiológico del cuerpo. La anatomía era, básicamente, una ciencia descriptiva; no se ocupaba de las funciones corporales, entendidas éstas de un modo causal. Es decir, si bien Copérnico había logrado, con sus innovaciones en astronomía, que una disciplina tradicionalmente alejada de la física como la suya pusiera en entredicho la cosmología aristotélica y ptolemaica, Vesalio se negó a cuestionar los fundamentos de la fisiología galénica (y eso que la llegó a describir como una «rama de la filosofía natural») y simplemente presentó su propio trabajo como una continuación de esa misma tradición anatómica (véase figuras 2.2 a 2.5).

Los planteamientos de Vesalio, en definitiva, fueron consecuentes con los principios y valores humanistas de la época. Se esforzó por recuperar un modelo de saber clásico que admiraba, pero al mismo tiempo no pasó por alto sus limitaciones y carencias, ni dejó de intentar compensarlas con nuevos trabajos. Recordemos que Vesalio, por encima de todo, es célebre por haber defendido una vuelta a la investigación anatómica de carácter práctico. Así, a pesar de lo equívoco de sus testimonios (por ejemplo, aunque lo sugiere en el *De fabrica,* él no fue el primer profesor que practicó disecciones ante estudiantes), Vesalio ciertamente formó parte de una nueva tradición de investigación en anatomía inspirada en Galeno, que continuó practicándose en la universidad de Padua hasta bien entrado el siglo XVII.

Sería tedioso enumerar todos los casos en los que los valores del humanismo animaron las prácticas y saberes científicos del siglo XVI. Copérnico y Vesalio merecen ser mencionados puesto que son dos figuras sumamente relevantes para comprender este período; es decir, no pueden tratarse como meras curiosidades. Concluyamos con un último ejemplo: el matemático francés François Viète (1540-1603), uno de los creadores del álgebra simbólica moderna. Su trabajo más importante, del año 1600, se conocía como el *Apollonius Gallus* (el «Apolonio francés»). El título es significativo: Viète no presentaba sus investigaciones como un trabajo original, sino que indicaba expresamente que en realidad estaba intentando emular las obras del matemático y astrónomo griego Apolonio, del siglo III a. C.



Figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5. Figuras masculina y femenina idealizadas, según el modelo griego clásico (del *Epitome* de Vesalio a su obra *De humani corporis fabrica*), y cuerpos disecccionados (de *De humani corporis fabrica*). Las primeras dos imágenes simbolizan la perfección física y cultural del humanismo, mientras que las otras dos representan la anatomía del sufrimiento.

Al igual que muchos otros matemáticos de su época, Viète estaba convencido de que los matemáticos de la antigua Grecia habían conocido una forma de «análisis» geométrico que les había permitido descubrir teoremas y demostrarlos deductivamente. Dicho de otro modo: para muchos era motivo de estupefacción el que los griegos hubieran descubierto tantos resultados no intuitivos careciendo de un «arte del análisis» para hacerlo (es bien sabido que es mucho más fácil demostrar un resultado que ya se conoce). Ciertos textos alimentaban estas ideas, en especial una obra de la antigüedad tardía conocida como la *Aritmética* (se ignora la época precisa de su composición), escrita por un tal Diofanto de Alejandría. El trabajo de Diofanto hacía referencia a técnicas para despejar incógnitas que ahora, retrospectivamente, podríamos llamar algebraicas; pero estas técnicas aparecen bajo la forma de ejemplos de casos, resueltos numéricamente (es decir, más vinculados a métodos prácticos de computación que a una rama de las matemáticas de carácter teórico). En este contexto, lo que Viète denominaba el «arte del análisis» consistiría en una combinación del enfoque de Diofanto y las técnicas de cálculo mercantiles (conocidas, a su vez, como el «arte de la cosa») [12]. Se trataba, en definitiva, de una reconstrucción del «arte» que habían empleado los antiguos matemáticos griegos para obtener sus resultados. Esta manera de abordar el tema del análisis planteando su «reconstrucción» fue compartida por muchos matemáticos durante las primeras décadas del siglo siguiente. Incluso René Descartes, inventor del algebra simbólica moderna, a principios de su carrera (década de 1620) creyó que los antiguos ciertamente habían estado en posesión de un arte tal, pero «se mostraron muy reacios a la idea de revelarla a la posteridad» [13].

Restauración, innovación y recepción

Las nuevas universidades luteranas de la Alemania del siglo XVI son un ejemplo de la variabilidad en la acogida de este tipo de avan-

---

[12] Del Italiano «cosa», también referido a la incógnita de una ecuación.

[13] René DESCARTES, *The Philosophical Writings*, vol. 1, ed. de John COTTINGHAM, Robert STOOTHOFF y Dugald MURDOCH, Cambridge, Cambridge University Press, 1985, p. 17 (trans. de Murdoch). [Traducción en castellano: DESCARTES, *Reglas para la Dirección del Espíritu*, ed. de Francisco LARROYO, México, Porrúa, 1980, p. 103, Regla IV.]

ces. Rheticus, seguidor de Copérnico, ejercía como profesor de matemáticas en la universidad de Wittenberg cuando ambos se conocieron por primera vez; poco después aceptaría un puesto similar en la universidad de Leipzig. Las dos eran instituciones luteranas, Wittenberg la más importante de ellas; ambas representaron un papel decisivo de cara a la recepción, por parte de los astrónomos académicos, del *De revolutionibus* de Copérnico. En particular, el grupo de astrónomos de Wittenberg destacó por sus labores de formación de nuevos astrónomos y divulgación de ciertos enfoques acerca de la disciplina.

A pesar del papel que desempeñó en llevar el *De revolutionibus* a la imprenta, Rheticus no se hizo cargo de su publicación (el libro se imprimió en Nuremberg). Por razones que se desconocen, la supervisión pasó a ser responsabilidad de un teólogo luterano, Andreas Osiander, quien aprovechó la oportunidad para añadir, al principio del libro, un breve prefacio, sin firma, cuya autoría sería atribuida desde entonces al propio Copérnico. (El libro ya incluía un prefacio escrito por Copérnico, y dedicado al papa.) Lo añadido por Osiander no era en principio motivo de conflicto teológico con las ideas de Copérnico. Su finalidad era más bien atenuar un potencial problema motivado por la manera en que Copérnico se había referido a su sistema, tanto en la carta dedicatoria como en el texto del libro mismo. Este problema tenía que ver con una cuestión ya tratada en el capítulo anterior: el estatus físico de los modelos astronómicos.

Indudablemente, Copérnico concebía su sistema astronómico del universo, con la tierra en movimiento y el sol estacionario, como una representación acertada de cómo estaba constituido realmente el cosmos. Así, en el Libro I del *De revolutionibus,* evocando el primer libro del *Almagesto,* se dedicó a establecer la arquitectura básica del universo. Al igual que Ptolomeo había recurrido a la física de Aristóteles para fundamentar su doctrina acerca de la tierra esférica, central y estacionaria, Copérnico tuvo que aportar ciertos principios físicos propios para que su concepción del universo pareciera, al menos, creíble. Es decir, como Ptolomeo, incorporó a su astronomía elementos ajenos a la disciplina. El hecho de poner en entredicho estos nuevos contenidos no afectaba en principio a los componentes astronómicos, propiamente matemáticos, del sistema; sí importaba, en cambio, la interpretación de estos principios en tanto que representaciones de la realidad. Copérnico se tomó muy en serio estas consideraciones físicas, a pesar de su relevancia *astro-*

nómica menor, ya que sin ellas no podía justificar la pretensión de *verdad* de su sistema.

Hoy en día los historiadores parecen estar de acuerdo en que para Copérnico no sólo los planteamientos generales de su sistema heliostático[14] del mundo, sino también su funcionamiento, eran acertados desde un punto de vista físico. Es decir, Copérnico atribuía el movimiento de los cuerpos celestes al giro de esferas celestes físicamente reales, portadoras de estos cuerpos. En este sentido, seguía de cerca las ideas de Peurbach en su *Theoricae novae planetarum*[15]. Peurbach había representado los círculos de sus modelos planetarios ptolemaicos como si fueran cuerpos físicamente reales a los que los objetos visibles se adherían. Parece que Copérnico adoptó un enfoque similar para los círculos de su nuevo sistema no-ptolemaico. Después de todo, se necesitaba algo que explicara el movimiento y las trayectorias de los cuerpos celestes a través del espacio; pero este requerimiento era sólo pertinente si los modelos astronómicos en cuestión se tomaban por representaciones físicamente reales que en verdad *explicaban* los movimientos celestes.

Los astrónomos de la universidad de Wittenberg se oponían a dar este paso: se atenían a la división disciplinar que diferenciaba la astronomía matemática de la *física* celeste; esto último no era objeto de su interés. Por tanto, a pesar de que adoptaban el *De revolutionibus* en sus enseñanzas y en el ejercicio de la astronomía, los académicos de Wittenberg pasaban por alto sus pretensiones físicas y cosmológicas. Al comienzo de sus cursos sobre astronomía, basados en el modelo ptolemaico, sí que consideraban brevemente las razones para defender una tierra estacionaria, central, así como otras proposiciones del *Almagesto* (incluyendo los argumentos de Ptolomeo contra la movilidad de la tierra). Es decir, eran libres de recurrir a los modelos geométricos de Copérnico si esto era lo más conveniente, pero dentro de los límites establecidos por el prefacio anónimo de Osiander, titulado «Al lector sobre las hipótesis de esta obra».

Osiander insistía en que el sistema astronómico de Copérnico en su *De revolutionibus* no debía ser interpretado como una representa-

---

[14] Es decir, con un sol estacionario, pero no estrictamente heliocéntrico, es decir, con el sol situado en el centro del sistema (como más tarde apuntó Kepler). En el sistema completo de Copérnico el sol se encontraba ligeramente desviado del centro de la órbita terrestre, en un punto que hacía de referencia para el resto de órbitas planetarias.

[15] Véase capítulo 1, sección tercera.

ción de la realidad física. La función propia del astrónomo, sugirió, es reunir información de carácter observacional y construir hipótesis que permitan calcular «correctamente dichos movimientos a partir de los principios de la geometría, tanto mirando hacia el futuro como hacia el pasado»:

> «Y no es necesario que estas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera que sean verosímiles, sino que se basta con que muestren un cálculo coincidente con las observaciones [...] Está suficientemente claro que este arte no conoce completa y absolutamente las causas de los movimientos aparentemente desiguales. Y si al suponer algunas, y ciertamente piensa muchísimas, en modo alguno suponga que se puede persuadir a alguien [en que son verdad] sino tan sólo para establecer correctamente el cálculo»[16].

La astronomía, según Osiander, no tenía nada que ver con las leyes *que producen* los movimientos aparentemente irregulares; es decir, sus leyes debían de ser las que hacen referencia a la *descripción* de los movimientos celestes y no las leyes que demuestran *explicaciones* causales. Estos comentarios reflejan la división disciplinar entre astronomía y cosmología a la que hacíamos referencia en el capítulo anterior. Osiander la consideraba una división absoluta, en contraste, por ejemplo, con Peurbach, o el mismo Copérnico, que preferían una delimitación no tan precisa. Partiendo de esa base, en su prefacio Osiander recomienda al lector que no tome en serio las hipótesis fundacionales de Copérnico sobre el movimiento de la tierra, «para que no salga de esta disciplina más estúpido de lo que entró»[17].

Generalmente se asume que la intención de Osiander era proteger a Copérnico de las posibles críticas que pudiera recibir, críticas basadas en argumentos teológicos (por ejemplo, muchos pasajes bíblicos podían ser, y de hecho lo eran, interpretados de manera que no se albergaran dudas acerca de la inmovilidad de la tierra). Nos encontraríamos, por tanto, ante una situación verdaderamente curiosa: un teólogo luterano intentando defender a un canónigo católico. Sin embargo, como ha mostrado Robert Westman, el más importante historiador del copernicanismo, los comentarios de Osiander no desentonaban en nada con las prácticas habituales de los astrónomos

---

[16] COPÉRNICO, *Sobre las revoluciones*, pp. 85-86.
[17] *Ibidem*, p. 86.

luteranos de Wittenberg. Individuos como Erasmus Reinhold y Caspar Peucer, a mediados de siglo, elogiaron los logros astronómicos de Copérnico, pero desecharon sus tesis cosmológicas centrales. Las matemáticas de Copérnico podían usarse para predecir los movimientos en el cielo sin necesidad de asumir que la tierra estaba, a su vez, en movimiento. Era cuestión de aceptar que se podía pasar de un marco de referencia en el que la tierra se movía y el sol era estacionario a otro en el cual el sol se movía y la tierra permanecía inmóvil; los demás movimientos celestes eran relativos a éstos y no cambiaban [18].

La relevancia, desde una perspectiva más amplia, del grupo de Wittenberg radica en el hecho de que Peucer, concretamente, se dedicó a formar estudiantes que después se encargarían de difundir las ideas de Copérnico en otras universidades alemanas. La universidad de Wittenberg era el buque insignia de las nuevas universidades luteranas de mitad de siglo, y constituía una especie de modelo a seguir para todas ellas. El encargado de renovar el programa de estudios de esta universidad (con el fin de readaptarlo a los ideales luteranos) fue Philipp Melanchthon, mano derecha de Martín Lutero en el entorno académico. Su mismo nombre, «Melanchthon», nos permite una vez más detectar la centralidad del humanismo como clave cultural en las actividades de estos individuos: proviene del griego, y significa «tierra negra» (*Schwartzerd* era el nombre original en alemán). Se trata de un caso muy parecido al de Johannes Müller «Regiomontanus», que optó por el latín para mostrar su lealtad hacia los ideales de la cultura clásica.

En consonancia con estas ideas, a partir de la década de 1520 en adelante, las reformas curriculares de Melanchthon se centraron en el aprendizaje de la cultura clásica al estilo humanista, a expensas de algunos elementos del viejo saber escolástico. En concreto, Melanchthon insistió y presionó para que la filosofía natural fuera enseñada no desde la perspectiva aristotélica, sino a partir de la *Historia Natural* de Plinio el Viejo. Este texto romano del siglo I d. C. le parecía adecuado por dos motivos. En primer lugar, por la sencilla razón de que no se trataba de un texto aristotélico. No es que Melanchthon no respetara la figura de Aristóteles: al fin y al cabo, no dejaba de ser un sabio de la antigüedad cuyos escritos filosóficos y

---

[18] Esto se debe, por ejemplo, a que la distancia que nos separa de las estrellas es enorme comparada con el tamaño de la órbita terrestre.

lógicos debían ser tomados en serio por cualquier académico. Melanchthon quería hacer desaparecer el Aristóteles *escolástico,* es decir, deseaba acabar con el dominio que estos escritos ejercían sobre el currículo de las universidades. Prescindir de los textos mismos era la manera más radical de hacerlo.

En segundo lugar, otra de las razones importantes para preferir la filosofía natural basada en Plinio era que en ella se trataban cuestiones de carácter *práctico,* funcional. Es decir, Plinio hablaba de técnicas para producir tintes o excavar metales, mientras que Aristóteles se centraba en proporcionar una comprensión teórica de algo sin tener en cuenta sus aplicaciones prácticas. Este acercarse a Plinio, por tanto, suponía el paso a una concepción de la filosofía natural diferente, de carácter más funcional.

Al final resultó que los escritos de Aristóteles sobre filosofía natural siguieron siendo indispensables de cara al estudio de áreas académicas tan diversas como la física o la psicología (en este último caso se seguían los comentarios acerca del texto de Aristóteles *Sobre el alma*). Los vínculos entre estos textos y la vida académica habían sido demasiado estrechos y duraderos como para dejarlos de lado; su contenido, además, era demasiado relevante. Sin embargo, es cierto que, de acuerdo con los criterios humanistas de Melanchthon, surgió un interés por guardar fidelidad al Aristóteles del texto griego original. Tan importante era recuperar el Aristóteles original como recuperar el Ptolomeo original, o el texto incorrupto de la Biblia.

Un nuevo programa filosófico: Archimides redivivus

Apenas hubo ramas del saber durante el Renacimiento que no se vieran afectadas por el movimiento cultural humanista. De la misma forma que matemáticos como Viète se esforzaron por recuperar las destrezas analíticas de la antigüedad, también la botánica fue revivida gracias a la intensa labor de identificación de especies, tarea que tomaba como modelo las plantas descritas en los trabajos de autores clásicos como Teofrasto, discípulo de Aristóteles. Lograr establecer algún tipo de correspondencia entre las investigaciones propias y las obras clásicas era la principal vía para obtener un cierto reconocimiento a nivel cultural.

A pesar de que hasta ahora únicamente nos hemos referido a individuos que hicieron referencia a textos de la antigüedad cuya

autenticidad, al menos hasta hoy, es incuestionable, también hubo mucha gente que se basó en textos cuya autoría ha dado lugar a controversias y falsas atribuciones. En el anterior capítulo mencionábamos brevemente, por ejemplo, el *corpus hermético,* conjunto de textos antiguos que Ficino tradujo del griego al latín. Se decía que estos escritos herméticos provenían de la antigüedad más remota y, sin embargo, a principios del siglo XVII, el estudioso del mundo clásico Isaac Casaubon demostró que eran mucho más recientes. La credibilidad que a estos textos, sobre todo en relación con prácticas de carácter mágico, les otorgaba su autoría se fue perdiendo gradualmente una vez que Casaubon hizo públicas sus conclusiones.

Otra de estas fuentes de inspiración y legitimación, al menos para un grupo pequeño pero importante de eruditos del siglo XVI, la constituían los trabajos del matemático griego Arquímedes. Como hemos señalado antes, si uno podía alegar que los precedentes de su propia labor investigadora se encontraban, implícitos, en la obra de algún autor clásico, dicha investigación parecía más respetable, e incluso más *prometedora.* Una vez más, debemos insistir en que no hay motivos para pensar que esta búsqueda de vínculos con el pasado fuera en realidad una estratagema cínica ideada con el fin de divulgar nuevas ideas en una sociedad ingenua. Copérnico, no cabe duda, tenía motivos para alegrarse al ver que podía hallar predecesores en la antigüedad que postulaban la idea de una tierra en movimiento, al igual que Vesalio estaba genuinamente interesado en lo que Galeno pudiera enseñarle acerca de las técnicas de disección. De todos modos, es cierto que la consecuencia final de todo esto fue que, en la práctica, buscar una correspondencia con los criterios y la trayectoria de un pensador de la antigüedad (preferiblemente alguien que escribiera en griego o en buen latín) se convirtió en la principal estrategia adoptada por la sociedad culta de la época para desarrollar sus intereses intelectuales.

La imprenta continuó funcionando como medio importante de cara a la difusión de estos proyectos. A mediados del siglo XVI las traducciones latinas de algunos de los trabajos de Arquímedes (siglo III a. C.), conocidas pero apenas usadas durante la Edad Media, fueron publicadas en Italia en una nueva edición, revisada, a cargo de Federico Commandino. Muy pronto estas traducciones fueron adoptadas como modelos clásicos en el campo de la mecánica: los dos trabajos de Arquímedes titulados *Sobre el equilibrio de los planos* y *Sobre los cuerpos flotantes* mostraban un conocimiento científico-matemáti-

co formalizado, aplicado directamente a cuestiones como la construcción de artefactos mecánicos diseñados para producir trabajo de manera más sencilla (máquinas, en el sentido clásico). *Sobre el equilibrio de los planos* se centra en el funcionamiento de palancas y balanzas, como un prolegómeno a los teoremas diseñados para calcular los centros de gravedad de diversas figuras planas. En *Sobre los cuerpos flotantes* examina las condiciones bajo las cuales flotan o se hunden, inmersos en un medio líquido, los cuerpos sólidos, dependiendo del peso específico de cada uno. Ambos textos proporcionaban instrucciones para reproducir, con precisión matemática, ciertas técnicas instrumentales aplicables a tareas mecánicas. Pero lo que realmente los hacía importantes era la figura de su autor, Arquímedes, sobre todo a partir de la imagen que de él había ofrecido Plutarco varios siglos después de su muerte. (Plutarco habla de un Arquímedes consejero, en calidad de ingeniero, del rey de Siracusa, colonia griega en Sicilia donde residió, y cuyos sistemas de defensa contra los romanos ayudó a organizar.) Arquímedes había sido, en definitiva, un ingeniero sabio y práctico a la vez. Para los humanistas era un ejemplo idóneo de los modelos del saber clásico que había que imitar.

Veamos un caso concreto: durante la segunda mitad del siglo XVI, un grupo de eruditos de Urbino, en el norte de Italia, se propuso recuperar el estilo y la obra de Arquímedes. La figura principal fue Commandino, responsable de un ambicioso proyecto editorial cuyo objetivo era publicar todos los trabajos matemáticos conocidos de Arquímedes en nuevas versiones latinas. Le acompañaron en su empeño dos individuos de renombre: Guidobaldo dal Monte y Bernardino Baldi. El primero de ellos, Guidobaldo dal Monte, es conocido sobre todo por haber sido uno de los primeros y más influyentes mecenas de Galileo. Por ejemplo, el hecho de que Galileo adoptara los preceptos de los «filósofos-ingenieros» (algo que se aprecia muy claramente en sus primeros escritos a partir de 1590) se debe probablemente a la influencia de Guidobaldo. En dichos textos, al tratar cuestiones relacionadas con el movimiento de los cuerpos, Galileo arremete contra la autoridad de la física aristotélica y apoya el estilo matemático de Arquímedes. Bernardino Baldi, por su parte, escribió una historia de las matemáticas que incluía, entre otros asuntos, una reconstrucción de la historia de la disciplina en la que Arquímedes era el autor central. Baldi intentaba así establecer una tradición con la que mecanicistas como él se pudieran sentir identificados. Este nuevo grupo, en definitiva, colmaba de alabanzas la anti-

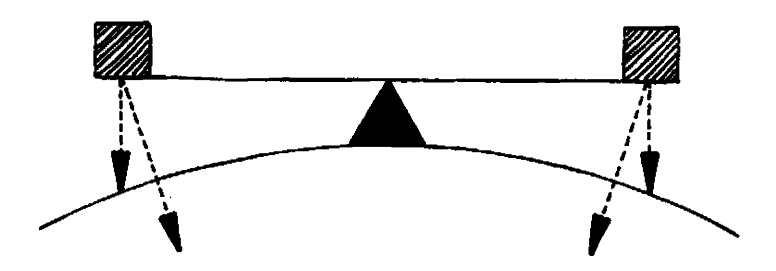


Figura 2.6. Este diagrama muestra la falta de paralelismo entre las líneas descritas por las trayectorias de descenso de dos pesos situados a ambos lados de una balanza.

gua, y auténtica, autoridad de Arquímedes, al mismo tiempo que denostaba la contemporánea, y corrupta, supremacía de Aristóteles. Además, cuestionaba la idea de que el saber intelectual fuera categóricamente distinto del conocimiento práctico.

Adoptar una figura de la antigüedad como modelo no implicaba, volvemos a insistir, aceptar sumisamente todo lo que tal autoridad había propuesto. Guidobaldo dal Monte criticó ciertos aspectos del trabajo de Arquímedes, del mismo modo que Copérnico y Vesalio habían cuestionado ciertos aspectos de la obra de Ptolomeo o de Galeno[19]. La crítica, en este caso concreto, iba dirigida a los trabajos de Arquímedes sobre equilibrios y balanzas. En su obra *Sobre el equilibrio de los planos,* Arquímedes había propuesto que dos pesos situados en los extremos opuestos de una balanza simple tienden hacia abajo en línea recta, en direcciones paralelas (véase figura 2.6). Guidobaldo objetó que la tendencia de los graves (esto lo habría sabido el propio Arquímedes) es hacia el centro de la esfera terrestre, o hacia el centro del universo, por lo que las líneas de trayectoria de dos objetos situados en los extremos de una balanza no serían paralelas sino que se cruzarían, en principio, en el centro de la tierra. Arquímedes había basado su demostración de la ley de la palanca (por ejemplo, que una balanza permanece en equilibrio cuando los pesos a ambos lados son inversamente proporcionales a las distancias respectivas que los separan del punto central, o *fulcrum*) en esta per-

[19] El libro más importante de Guidobaldo fue su *Liber mechanicorum* (*Libro de la mecánica),* de 1577.

cepción, equivocada, de paralelismo; como era de esperar, Guidobaldo, deseoso de mejorar tal demostración, se mostró muy crítico con esa falta de rigor.

Conviene señalar que ésta no era una cuestión de relevancia práctica. En cualquier situación real en la que se usara una balanza la desviación con respecto al supuesto paralelismo sería demasiado pequeña como para ser observable. Aun así, la diferencia no era irrelevante para Guidobaldo. El proyecto matemático de la antigua Grecia, con Euclides a la cabeza y Arquímedes como uno de sus principales exponentes, había insistido mucho en las ventajas de emplear demostraciones matemáticas rigurosas. En nuestro ejemplo concreto, la ausencia de una demostración de este tipo parecía preocuparle mucho más a Guidobaldo que al propio Arquímedes. Como hemos señalado antes, el objetivo de los filósofos-ingenieros italianos como él no era simplemente recuperar y entronizar a su admirado Arquímedes, sino también emularle e intentar desarrollar sus propuestas. Guidobaldo, en este sentido, como escribió Baldi, fue uno de los que logró «devolver a la mecánica su antiguo esplendor»[20].

Junto a los esfuerzos de Viète por recuperar el antiguo arte del análisis, el proyecto de Commandino, Guidobaldo y Baldi es quizás el último ejemplo importante de lo que hemos denominado «Renacimiento científico». Tales convicciones (acerca de la superioridad intelectual de los antiguos) empezaron a perder fuerza con la llegada del nuevo siglo y dieron paso a una nueva y sutil manera de enfocar el problema. Según hemos visto, el objetivo de Viète había sido «igualar y superar» a los antiguos, asimilando sus estrategias y mejorando sus logros; lo mismo había sucedido con Copérnico, en su intento por superar a Ptolomeo, o con Vesalio, al querer mejorar el legado de Galeno. Sin embargo, a principios del siglo XVII, un número cada vez mayor de intelectuales, entre los cuales destacaremos a Francis Bacon y René Descartes, comenzó a plantear la posibilidad de romper vínculos con el pasado. Descartes, como hemos señalado antes, creyó, durante un tiempo, en la existencia de un antiguo «arte del análisis» matemático, perdido desde la edad clásica. Unos años

---

[20] Citado en Paul LAWRENCE ROSE, *The Italian Renaissance of Mathematics: Studies on Humanists and Mathematicians from Petrarch to Galileo*, Ginebra, Droz, 1975, p. 230. [Fuente: Guidobaldo DAL MONTE, *Liber Mechanicorum*, Pesaro, 1577, traducción al italiano, Venecia, 1581. Traducción inglesa: Stillman DRAKE y I. E. DRABKIN, *Mechanics in the Sixteenth Century Italy*, Madison, Wisconsin, 1969.]

después, tras evaluar las posibilidades de su propia teoría analítica en el famoso ensayo de 1637 *Geometría,* anunció que había inventado algo *nuevo,* algo desconocido para los autores clásicos. A finales del siglo XVII, la llamada «guerra de los libros» en Inglaterra y en otros lugares fue un reflejo de esta nueva percepción: si bien todavía se podía discutir acerca de los méritos literarios de la poesía moderna en comparación con la poesía clásica, nadie se atrevía a negar que los desarrollos científicos recientes constituían un adelanto enorme en comparación con el legado de los antiguos.

Por qué se dio este cambio de perspectiva es algo que no está nada claro. Pudo ser el resultado de la toma de conciencia de los avances logrados por los movimientos reformistas del siglo XVI, o pudo deberse a que cada vez más intelectuales advirtieron las enormes discrepancias internas del legado clásico. Esto último es algo que empezó a ser evidente a raíz de las múltiples reediciones de textos antiguos: ante un mismo problema diferentes autores clásicos defendían posturas contradictorias. Con el tiempo fue cada vez más difícil decidir qué aspectos de la doctrina clásica había que recuperar. En este sentido, los propios textos perdieron su función orientadora aunque continuaron siendo fuentes de información importantísimas.

Capítulo 3

El erudito y el artesano: Paracelso, Gilbert, Bacon

Desvelando lo oculto

A lo largo del siglo XVI, el debate sobre el conocimiento de la naturaleza no se centró únicamente en el problema de cómo restaurar la cultura clásica. Más allá de los círculos donde eruditos, académicos e individuos con formación universitaria alardeaban de sus credenciales humanísticas, se empezaron a levantar voces en contra del dominio que los valores escolásticos ejercían sobre el conocimiento. En concreto, se empezó a criticar duramente, apelando a criterios morales, la conocida preferencia aristotélica por un conocimiento de carácter contemplativo, en lugar de práctico. En griego, los términos *epistēmē* y *technē* denotan esta distinción; en latín, los términos correspondientes son *scientia* y *ars* («ciencia» y «arte»). El énfasis escolástico por la *scientia* era interpretado por muchos críticos como un abandono deliberado de las cuestiones prácticas; en el caso de la medicina, por ejemplo, esto suponía pagar un alto precio, puesto que los objetivos de carácter práctico eran obviamente los más importantes.

Durante la primera mitad del siglo XVI, la obra que mejor simboliza esta nueva actitud es la de Paracelso. «Paracelso» es el nombre que el místico y médico alemán Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim adoptó, no sólo por ser más corto y efectivo, sino muy probablemente también como forma de reclamar para sí mismo un nuevo estatus, superior al de los médicos clásicos (representados en este caso por Celso, médico romano del siglo I d. C). Paracelso dedicó su vida a viajar por los territorios germanos de

Europa central (especialmente, Suiza), donde promulgó sus doctrinas cosmológicas, así como las implicaciones fisiológicas de éstas, muy útiles de cara a la práctica médica.

Entre la ideas centrales de sus enseñanzas, Paracelso sostenía que el conocimiento del mundo natural, base de todo tratamiento médico, sólo podía ser adquirido a través de un vínculo muy estrecho con las propiedades de las cosas. Paracelso se adhiere así a una tradición tan duradera como heterodoxa, que en el siglo XIII tuvo como principal representante al fraile inglés Roger Bacon (defensor de una, así denominada, *scientia experimentalis*). Según esta concepción de la realidad, el objetivo era establecer una unión entre el sujeto cognoscente y el objeto a conocer. En el caso de Paracelso, esta unidad debía ser espiritual y alquímica. La importancia de Paracelso en la historia de la *materia medica* radica precisamente en el hecho de que tanto él como sus seguidores defendieron el uso de diversas sustancias químicas inorgánicas (por ejemplo, minerales) para el tratamiento de enfermedades. Paracelso abogó por el empleo de estas nuevas medicinas (al mismo tiempo que criticaba, por su ineficacia, las doctrinas galénicas enseñadas en las universidades), no atribuyéndoles una mayor autenticidad por ser representativas de una prístina medicina clásica, como habría hecho Vesalio, sino confiriéndoles un carácter de esencial *novedad*. Europa era entonces un territorio acosado por nuevas y virulentas enfermedades. Uno de los casos más conocidos es la propagación de la sífilis a lo largo del siglo XVI (proveniente, se sospechaba, de las Américas). Ante la amenaza de nuevas enfermedades, se necesitaban nuevos remedios. En este sentido, Paracelso anunció una ruptura con el pasado: a este nuevo mundo de enfermedades le correspondía un nuevo mundo de medicamentos.

Desde la fundación en el siglo XIII de las facultades de medicina, la enseñanza en materias médicas se había basado sobre todo en las doctrinas de Galeno y de los filósofos árabes Avicena y Rhazes [1]. Estos dos últimos escribieron tratados en la línea de las teorías de Galeno, por lo que parece apropiado calificar de «galénico» el enfoque vigente durante la Edad Media occidental. La principal doctrina terapéutica se basaba en el equilibrio de los cuatro «humores» que constituían el cuerpo humano: sangre, flema, bilis amarilla y atrabilis, o bilis

---

[1] Éstas son las versiones latinas de sus nombres, por las que eran conocidos en las universidades.

negra (esta última no identificable con ninguna entidad fisiológica moderna). La preponderancia de cualquiera de estos humores se correspondía con una disposición característica: un individuo con exceso de sangre era sanguíneo; con exceso de flema, flemático; con exceso de bilis negra, melancólico, y con exceso de bilis amarilla, colérico. Un desequilibrio de humores demasiado grande producía una condición patológica, es decir, una enfermedad. La manera básica de curarla consistía en tratar de combinar las cualidades específicas asociadas a cada humor. Por ejemplo, teniendo en cuenta que una de las propiedades de la sangre es la de estar caliente, la fiebre era atribuida a una excesiva condición sanguínea. La mejor manera de tratarla, por tanto, era intentando enfriar al paciente[2].

Paracelso menospreciaba este tipo de ideas. Él en cambio prefería hablar de ciertas simpatías entre diferentes partes de la naturaleza, como por ejemplo las correlaciones alquímicas entre determinados planetas y determinados minerales. Lo crucial aquí es que estas correlaciones eran extensibles al cuerpo humano. Por tanto, conocer de forma precisa las simpatías ocultas entre las partes del cuerpo y las «virtudes» de las cosas (ciertas hierbas o minerales, en concreto) permitía determinar correctamente el tratamiento de algunas dolencias. Intentando justificar tales planteamientos, Paracelso adoptó la clásica analogía microcosmos/ macrocosmos, heredada de la antigüedad: el cuerpo humano es un «microcosmos», reflejo del universo como un todo, el «macrocosmos». Así, cada una de las regiones del firmamento en el universo geocéntrico de Paracelso (los cinco planetas, el sol y la luna) tenía supuestamente su correlato en el cuerpo humano. La expresión que utiliza es *astrum*.

Un *astrum* era una virtud, cuya representación prototípica se encontraba en el cielo (asociada a un planeta concreto, por ejemplo) pero que también tenía su correlato en el cuerpo humano. Así, «una herida por debajo de la cintura producida cuando es luna nueva es más desafortunada que otra producida cuando hay luna llena», mientras que «las heridas producidas bajo los símbolos de Géminis, Virgo y Capricornio son las más desafortunadas»[3]. Este uso de ideas

---

[2] La sangre era caliente y húmeda, la flema era fría y húmeda, la bilis negra era fría y seca, y la bilis amarilla era caliente y seca. Los elementos aristotélicos también estaban clasificados según este sistema dual.

[3] Citado en Walter PAGEL, *Paracelsus: An Introduction to Philosophical Medicine in the Era of the Renaissance*, 2.ª ed., Basel-Nueva York, Karger, 1982, p. 71. [Fuen-

y categorías astrológicas venía acompañado, no obstante, por un rechazo explícito a la astrología misma: lo que la astrología, según él la entendía, describía como una *influencia* causal de los cielos sobre los sucesos terrenales él mismo lo caracterizaba, en base a su llamada «astrosofía», como meras correlaciones y correspondencias entre dichas partes de la naturaleza. Los *astra* también se encontraban entre entidades terrestres no humanas (normalmente, plantas y minerales); esto justificaba de algún modo la búsqueda de tratamientos médicos. Las asociaciones alquímicas preexistentes entre determinados cuerpos celestes y determinados metales, como por ejemplo Venus y el cobre o Marte y el hierro, facilitaban la identificación de tales correspondencias.

De la misma forma que hizo uso de la astrología (transformándola considerablemente al mismo tiempo), Paracelso también modificó las enseñanzas tradicionales de la alquimia. La alquimia se había incorporado al pensamiento de la Edad Media latina a partir de fuentes árabes. Los alquimistas se basaban en la teoría de los cuatro elementos (tierra, aire, fuego y agua) propia de las filosofías naturales de la Grecia antigua, incluyendo la de Aristóteles. Paracelso, a pesar de mostrarse muy crítico con el aristotelismo escolástico de su época, no rechazó estos elementos; pero sí los caracterizó de una manera un tanto ambigua. Su base alquímica preferida consistía en los *tria prima,* sal, azufre y mercurio, a los cuales llamaba «principios», en lugar de «elementos». Según él, su función principal era la de ser principios constitutivos de los cuerpos; una forma, por tanto, de designar las características básicas de cualquier sustancia. Así, un cuerpo inflamable, por ejemplo, podría ser considerado sulfuroso. Los cuatro elementos aristotélicos no eran, según Paracelso, verdaderamente elementales, sino sólo representativos de la estructura material que contenía la verdadera y activa esencia espiritual del cuerpo[4].

Las teorías de Paracelso, así como las de sus numerosos seguidores, a pesar de las dificultades, eran muy claras en ciertos aspectos básicos. Paracelso rechazó las doctrinas de la escolástica oficial (excepto cuando, de manera inevitable y sin intención, él mismo adoptaba algunas de sus ideas); insistió en que la única vía de conoci-

---

te: PARACELSO, *Grosse Wundartzney,* ed. de SUDHOFF, vol. X, lib. I, tract. 2, cap. 14, p. 144.]

[4] *Ibidem,* p. 84.

miento era interrogar directamente a la naturaleza; y entendió el conocimiento de lo natural como algo eminentemente práctico. La muerte por dolencias médicas comunes era un factor constante en la vida de la Europa alto moderna, y en este sentido la medicina constituía uno de los ejemplos más obvios de saber con fines prácticos. Según Paracelso, los nuevos buscadores de la verdad en la naturaleza no debían ser los académicos, sino gente ordinaria en contacto con el mundo natural. Es por esto que sus escritos aparecieron (la mayoría de ellos después de su muerte, en 1541) en alemán y no en latín, el idioma erudito de Europa occidental y central; aunque las traducciones latinas no tardaron en llegar. A pesar de que más tarde muchos de sus seguidores, como por ejemplo Oswald Croll a finales del siglo XVI y Johannes Baptista van Helmont en el XVII, se concentraron sobre todo en los territorios germanos de Europa, por todo el continente podían encontrarse discípulos de Paracelso, atraídos por su afán de poner al servicio de la medicina un conocimiento de la naturaleza de carácter práctico; un conocimiento basado en una concepción mágica y alquímica del mundo natural, donde el médico era visto como un mago que manipulaba las correspondencias y las simpatías que conforman la realidad[5].

El conocimiento artesanal y sus portavoces

La doctrina de Paracelso fue sólo una de las muchas maneras de expresar, a lo largo del siglo XVI, la creciente sospecha de que la naturaleza, para ser comprendida, debía ser también sometida (es decir, que aquellos que verdaderamente la *conocían* necesariamente también la *dominaban*). El estatus social de estos individuos que, provenientes de la cultura escrita, defendían este tipo de argumentos era ciertamente problemático. Al igual que Paracelso, estos eruditos exigían para el saber utilitario de los artesanos (personas situadas más bajo que ellos en la escala social) un prestigio cultural mucho mayor. Intentar elevar, por tanto, este prestigio era un paso fundamental a la hora de hacer efectivas sus demandas. Así, anteriormente (capítulo 2) ya vimos cómo los «filósofos-ingenieros» del Renacimiento italiano validaban sus trabajos en ingeniería y mecánica al nombrar a

[5] Véase capítulo 1, sección cuarta.



Figura 3.1. Ejemplo de industria hidráulica
en la obra de Agricola *De re metallica.*

Arquímedes. Otros se enfrentaron al problema desde otra perspectiva, al insistir más en la relevancia de este tipo de saberes prácticos que en la relativa falta de prestigio de la mayoría de sus practicantes. De algún modo, estos eruditos se constituyeron en profetas, «portavoces», de un tipo de saber activo, práctico, donde el artesano sin educación era supervisado, y disciplinado, por un gentilhombre culto.

A lo largo del siglo XVI podemos encontrar numerosos ejemplos de este tipo de trabajos. La obra *De la pirotechnia* (1540), de Vanoccio Biringuccio, escrita en vernáculo, trataba el tema de la minería y la metalurgia. En 1556 (un año después de la muerte de su autor) aparecía otro tratado sobre temas similares, *De re metallica* (*Sobre los metales*), de Georgius Agricola (Georg Bauer), un ingeniero de minas alemán. En este trabajo, un texto en latín muy elaborado, Agricola exponía en detalle todo lo relacionado con el proceso de extracción de los metales y su refinado. Escrito según el modelo humanista, este libro estaba claramente dirigido a la élite culta. Al asociarla con obras del saber antiguo tan importantes como la *Historia Natural,* de Plinio, o al proveerla de un vocabulario técnico en latín, Agricola pretendía caracterizar la minería como una ocupación respetable y hasta apropiada para las clases altas[6].

Durante la segunda mitad del siglo, este tipo de alegatos al respecto de la relevancia y el valor de los saberes prácticos ya era algo común: o bien se trataba de textos escritos en lenguas vernáculas, dirigidos a los no tan cultos, con la idea de difundir saberes secretos propios de ciertos oficios, o bien se trataba de textos en latín, destinados a la élite culta, escritos para promocionar en la escala social un determinado tipo de saber.

En este último caso, se contaba con una categoría clásica muy conveniente, que podía aportar un extra de respetabilidad a los saberes prácticos en cuestión. Los moralistas cristianos, al igual que los antiguos, habían escrito acerca de las diferentes virtudes y defectos de la *vita contemplativa* y de la *vita activa.* La primera era una vida dedicada al perfeccionamiento espiritual a través de la meditación en sole-

[6] Véase capítulo 2, sección cuarta, sobre Plinio y la pedagogía luterana. El libro de Agricola, con su presentación sobre el arte de la minería tradicional, constituye también la principal fuente bibliográfica sobre la relación entre los enanos (seres parecidos a los gnomos que supuestamente merodeaban por las minas) y la minería. Georgius AGRICOLA, *De re metallica,* trans. de Herbert Clark Hoover y Lou Henry Hoover, Nueva York, Dover, 1950, p. 217, núm. 26.

dad y la reflexión, mientras que la segunda insistía más en un compromiso con lo social y en la participación en los asuntos cívicos. Este tipo de categorías se adaptaba muy bien a los debates acerca del uso y los fines del conocimiento de lo natural, es decir, si se trataba realmente de comprender mejor la naturaleza o de explotar sus posibilidades con fines prácticos. En este sentido, Andreas Libavius, un conocido autor sobre química de principios del siglo XVII, insistía a través de su obra en la importancia de los factores sociales en el trabajo de los químicos. De esta manera, establecía una diferencia muy marcada entre la función social de los químicos y el secretismo que caracterizaba los trabajos de los alquimistas. De hecho, uno de los muchos aspectos a destacar de la *Alchemia* (1597) de Livabius, su gran obra sobre química, era que incluía una extensa introducción acerca de los tipos de instrumentos empleados por los químicos, que recordaba al *Almagesto* de Ptolomeo y sus deliberaciones sobre los instrumentos astronómicos.

De entre los saberes de carácter práctico, el arte de la navegación suscitó un especial interés a lo largo de estos siglos de expansión comercial por todo el mundo. Para finales del siglo XVI, los navegantes habían desarrollado un conocimiento muy amplio acerca de cómo recorrer distancias considerables sin perder demasiado el rumbo. Las técnicas de estos navegantes, al igual que las empleadas por los agrimensores, cartógrafos y topógrafos, constituían el modelo de conocimiento utilitario para todos aquellos partidarios del «saber cómo» (*know how*). Una muestra del cambio de actitud que se estaba viviendo fue la inauguración, en 1597, del Gresham College, en Londres, una institución dedicada a la formación de marinos y comerciantes en materias de orden práctico. Este tipo de iniciativas fue, en realidad, un fenómeno muy extendido en la Inglaterra de finales del siglo XVI. Era una manera de mejorar las destrezas, sobre todo comerciales, de su población, y fortalecer así, en un sentido más amplio, al Estado. Todo ello coincidió con la aparición de numerosos libros impresos, que entre su contenido incluían detallada información sobre las técnicas empleadas en navegación y en cartografía[7].

La relación entre el trabajo de estos matemáticos y las conjeturas de los filósofos acerca del mundo natural no fue estrecha sino más bien ocasional, pero ciertamente sí existió. Thomas Digges, por ejem-

[7] Véase también capítulo 4, sección cuarta.

plo, hijo del matemático Leonard Digges (autor de varios libros del estilo de los arriba mencionados), en su reedición de 1576 de un almanaque producido por su padre incluyó un apéndice, firmado por él, titulado *A Perfit Description of the Caelestiall Orbes* (*Una Perfecta Descripción de las Esferas Celestes*). Se trata de una discusión cosmológica acerca del nuevo sistema copernicano, basada en el Libro I del *De revolutionibus*. Su carácter cualitativo parece derivar del enfoque práctico con que se analiza la astronomía, sin que esta aparente yuxtaposición suponga un problema para Digges. De hecho, él se encarga de mostrar el potencial de las matemáticas para entablar un diálogo con la filosofía natural.

Un ejemplo más de la combinación de práctica matemática y filosofía natural lo encontramos en el trabajo de otro inglés, William Gilbert, cuya famosa obra *De magnete* (*Sobre el imán*) fue publicada en el año 1600. El libro de Gilbert (que fue médico, llegó incluso a trabajar al servicio de la misma reina Isabel) es notable por diversos motivos. Por un lado, Gilbert se mostraba despectivo con respecto al saber aristotélico establecido, un gesto cada vez más frecuente entre los partidarios de ciertas formas de empirismo. Rechazando ostentosamente la tradición, propuso conocer la naturaleza a través del examen, de primera mano, de las cosas mismas. Ciertamente, gran parte del contenido filosófico de su *De magnete* se debía a escritores del siglo XVI (en especial Girolamo Cardano), pertenecientes, en un sentido muy amplio, a tradiciones mágicas o animistas. Por influencia de estas doctrinas Gilbert no sólo concebía la tierra como un imán gigante (esto en sí mismo ya es una importante contribución), sino también como algo, de alguna manera, vivo y auto-motriz, girando no alrededor del sol (tenía sus reservas sobre este punto) pero sí al menos sobre su propio eje. Por otro lado, la perspectiva desde la que Gilbert estudiaba los imanes era decididamente experimental, no sólo porque incluyera en sus investigaciones elaboradas pruebas para demostrar ciertas propiedades magnéticas, sino también porque complementaba sus ideas con los conocimientos de los marinos y navegantes. El uso de la brújula magnética en la navegación se había vuelto algo habitual ya en siglo XVI, así que la experiencia acumulada de los marineros proporcionaba a Gilbert una gran variedad de conceptos y material instrumental con los que trabajar en sus investigaciones experimentales. Su deuda con este «saber cómo» (*know how*) no la oculta. En el libro menciona a aquellos que

«han inventado o han publicado acerca de instrumentos magnéticos u otros métodos de observación, tan necesarios para los marineros y para aquellos que realizan largas travesías, como William Borough, en su breve obra *Discurse on the Variation of the Compass,* William Barlowe en su *Supplement,* Robert Norman en su *New Attractive* —el mismo Robert Norman, gran navegante e ingenioso artesano, que descubrió por primera vez la inclinación de la aguja magnética—» [8].

El entusiasmo de Gilbert, sin embargo, no es indiscriminado:

«A otros muchos paso por alto a propósito: franceses, alemanes y españoles, que en tiempos recientes en sus escritos, compuestos la mayoría en lenguas vernáculas [...] no parecen sino transmitir e intercambiar contenidos equivocados sobre cualquier materia, añadiendo de vez en cuando algún error de su propia cosecha» [9].

Los extranjeros se basaban libre y acríticamente en el testimonio y la autoridad de otros, mientras que los buenos autores ingleses que menciona Gilbert se limitaban a dejar constancia de nuevas técnicas o nuevos instrumentos con los que apoyar la investigación.

En la línea de sus predecesores, entre los que incluye a Paracelso, Gilbert apunta que «los hombres lo ignoran todo al respecto de las entidades naturales, por ello los filósofos modernos deben ser rescatados de la oscuridad en la que están sumidos y deben aprender a tratar con los objetos, a usarlos; deben abandonar el tipo de saber que proviene sólo de los libros, que está basado en argumentos vacíos y conjeturas vanas» [10].

Sin embargo, una de las ironías del *De magnete* es la manera en que el propio Gilbert cita las ideas de otros autores clásicos anteriores a él, supuestamente equivocados. En cualquier caso, al igual que sucedía con el *De re metallica* de Agricola, el libro de Gilbert no estaba pensado para un lector sin formación. Estaba escrito en latín, e incluso en cierto pasaje se citaba a Aristóteles en el griego origi-

---

[8] William GILBERT, *De magnete,* trans. de P. Fleury Mottelay, Nueva York, Dover, 1958, pp. 14-15. [Edición consultada para la traducción: William GILBERT, *De magnete,* Londini MDC Edición facsímil, Bruselas, Culture et Civilisation, 1967, libro I, capítulo 1, pp. 7-8.]

[9] *Ibidem,* p. 15. [GILBERT, *De magnete,* I, 1, p. 8.]

[10] *Ibidem,* p. 47. [GILBERT, *De magnete,* I, 10, p. 28.]

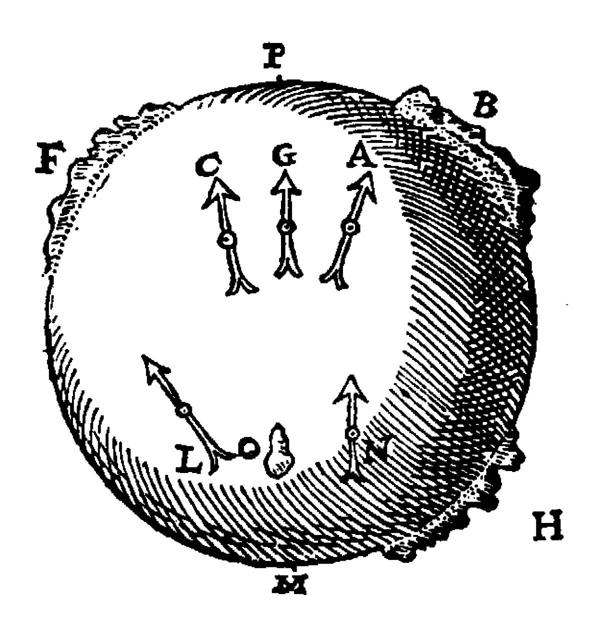


Figura 3.2. Ilustración de William Gilbert, representando diferentes agujas de brújula sobre la superficie de una terrella magnética, o globo terrestre ficticio.

nal[11]. *De magnete* incluía diagramas geométricos y descripciones detalladas de los instrumentos y los imanes empleados en el trabajo experimental. Pero también incluía algo más: aspiraciones y anhelos propios de la alta cultura. Gilbert hacía uso de la información y la experiencia de los marinos y navegantes, pero no se identificaba con ellos; es más, no se identificaba con los matemáticos en general. Él estaba interesado en la búsqueda de las *causas*. Gilbert, en definitiva, quería ser un *filósofo*[12].

[11] *Ibidem*, p. 22. [GILBERT, *De magnete*, I, 2, p. 11.]

[12] Véase, por ejemplo, la presentación que Gilbert hace de sí mismo, en *ibidem*, «Preface», pp. xlvii-li. [GILBERT, *De magnete*, Praefatio.]

Francis Bacon: filosofía, conocimiento práctico y el legado de los antiguos

Como ya hemos señalado, fue en Inglaterra, a finales del siglo XVI, donde este tipo de mentalidad cobró especial fuerza y relevancia. Los trabajos de Francis Bacon constituyen el ejemplo más importante, y con diferencia el más influyente, de esta actitud. A sus publicaciones, de principios del siglo XVII, se les ha atribuido el haber provocado el aumento en investigación empírica y utilitarista que se vivió en Inglaterra a mediados de siglo. También se las asocia con la creación de la Royal Society de Londres, unos años después.

Francis Bacon nació en 1561, hijo de Sir Nicholas Bacon, un importante cortesano que llegó a desempeñar el cargo político de Guardián del Gran Sello (uno de los más prestigiosos de la época). Educado en la abogacía, desde muy temprano orientó su carrera profesional en la misma dirección que su padre. Sin embargo, en las décadas finales de siglo, el largo reinado de Isabel I no hizo sino obstaculizar el desarrollo profesional de cortesanos como él, jóvenes y ambiciosos. Así, aunque para 1590 ya frecuentaba los círculos del gobierno en la Corte (además de ocupar un asiento en la Cámara de los Comunes desde 1584), Bacon advirtió que su poder ejecutivo era restringido, y que obtener un alto cargo no sería tarea fácil.

Dadas estas circunstancias, Bacon empezó a poner a prueba sus propios planes para crear una filosofía natural renovada, orientada a la práctica, al servicio del Estado. Al igual que otros impulsores de un saber de carácter funcional, concibió la idea de crear instituciones estatales dedicadas a la mejora de profesiones y oficios. Su deseo, naturalmente, estando tan próximo a los centros del poder, era que sus planes se llevaran a cabo mediante una intervención directa del gobierno. Así, en la última década del siglo XVI Bacon presionó para que la Corte isabelina pusiera en práctica su proyecto, que incluía la construcción de un laboratorio químico, una biblioteca de investigación, un recinto con animales salvajes y jardines botánicos. Pero fue en vano: a pesar del apoyo del Conde de Essex, uno de los cortesanos más influyentes, los planes de Bacon no pudieron realizarse. Volvió a intentarlo cuando Jaime I sucedió a Isabel I, en 1601, pero de nuevo no tuvo éxito. Fue en este momento cuando decidió concentrarse en la preparación de manifiestos, resúmenes de sus ideas escritos con la intención de promover las reformas para las que todavía albergaba esperanzas.

El primero de estos textos fue la obra, escrita en inglés, *Advancement of Learning* (*El avance del conocimiento*), de 1605. Se trata de un trabajo en el que Bacon presentaba por primera vez muchos de los argumentos y recursos retóricos que luego serían centrales en sus textos posteriores. De estos trabajos posteriores, el que mejor expresaba sus ideas era el *Novum organum* (*Nuevo Órgano*), de 1620. El título mismo dice mucho acerca del carácter de la obra. Con este libro, escrito en latín (apto, por tanto, sólo para el lector culto), Bacon pretendía reemplazar el llamado *Organon* de Aristóteles, el corpus de textos del que se derivaba el complejo sistema de la lógica aristotélica. «Organon» es una palabra griega que significa «herramienta» o «instrumento». La lógica se entendía como un instrumento a emplear en cualquier campo del saber, sin restricción alguna. Al presentar su *nuevo* «organon», por tanto, Bacon manifestaba abiertamente que, en su opinión, el enfoque aristotélico practicado y divulgado en las universidades era una herramienta totalmente inadecuada, sobre todo si se quería generar conocimiento en filosofía natural. Su propuesta, en cambio, estaba perfectamente diseñada para ese preciso propósito.

La estrategia argumentativa de Bacon era verdaderamente radical. Con su desafío a la filosofía natural ortodoxa no sólo cuestionaba las maneras habituales de practicarla, también preconizaba una reconceptualización de la filosofía natural *misma*. Atacaba la filosofía natural aristotélica por cómo estaba estructurada; sobre todo, rechazaba enérgicamente el ideal contemplativo que le servía de base. Según Bacon, la filosofía natural, entendida correctamente, debía emplearse en la mejora de las condiciones sociales y en la búsqueda de un bienestar común (una interpretación similar a nuestra manera de entender hoy en día los avances tecnológicos). Desde este enfoque, los juegos intelectuales de la filosofía natural escolástica no servían de mucho; había que replantearlo todo y empezar desde el principio. Éste era el tema central del Libro I del *Novum organum*.

Bacon, sin embargo, fue lo suficientemente cuidadoso como para no presentarse a sí mismo como un enemigo directo de la autoridad establecida, sobre todo de la autoridad antigua. De hecho, una de sus primeras publicaciones, en 1609, había sido un texto titulado *De sapientia veterum* (*Sobre la sabiduría de los antiguos*), en el que elogiaba la agudeza filosófica de los llamados presocráticos, filósofos griegos de siglos anteriores a la época dorada de Sócrates, Platón y Aristóteles (finales del siglo V y siglo IV a. C.). Las ideas presocráti-

cas estaban representadas no por sus escritos originales, sino por los comentarios que de éstos habían hecho numerosos autores griegos posteriores (entre ellos, principalmente, Aristóteles), comentarios en los que se incluían breves extractos (los denominados «fragmentos») a modo de citas. Esto permitía una mayor libertad de interpretación, por lo que a cada uno de ellos se le podía atribuir una gran variedad de ideas y aportaciones; al fin y al cabo, era algo tan complicado de demostrar como de refutar[13]. En el caso de Bacon, la admiración que profesaba por estos pensadores sirvió para suavizar, de algún modo, su actitud crítica al respecto de las doctrinas aristotélica y platónica.

Al principio del Libro I del *Novum organum,* Bacon señala: «No combatimos en modo alguno la gloria de los autores antiguos, dejámosles todo su mérito; no comparamos ni la inteligencia ni el talento, sino los métodos»[14]. Ateniéndonos a lo que dice en *De sapientia veterum,* no deberíamos interpretar este comentario simplemente como una manera de defenderse ante las críticas de aquellos que le acusaban de no ser justo con los antiguos. Al igual que otros pensadores del siglo XVII, Bacon a menudo insistía en la necesidad de distinguir entre el propio Aristóteles y sus continuadores posteriores. Su opinión, en este sentido, era la de un burócrata: el progreso no podía depender de la aparición fortuita de individuos extraordinariamente capaces; por el contrario, tenía que basarse en un esfuerzo colectivo debidamente organizado. Sin duda alguna, Aristóteles había sido un individuo excepcional, pero, como señala Bacon, «nuestra misión no es la del juez, sino la del guía»[15].

Interesado en la búsqueda de nuevos descubrimientos, Bacon atribuía al elemento de la novedad una importancia especial. A este respecto, su postura ante la necesidad de apelar a la autoridad de los antiguos para justificar una u otra idea, o su actitud frente a la cultura académica humanista (con la que, como todos los su misma formación, se sentía inevitablemente en deuda) eran, de nuevo, algo ambivalentes. ¿En qué medida una nueva idea podía considerarse como algo original y novedoso? En el *Novum organum,* por ejemplo, Bacon parece rechazar explícitamente la necesidad de recurrir a la

---

[13] Véase, por ejemplo, BACON, *Novum Organum,* I, 63, pp. 53-54, donde compara a Aristóteles con los presocráticos.

[14] *Ibidem,* I, 32, p. 38.

[15] *Ibidem.*

autoridad del pasado cuando escribe: «No desconocemos que si hubiéramos querido obrar con menos buena fe, hubiéramos podido hallar lo que hoy nos proponemos en los siglos antiguos antes de la época de los griegos [por ejemplo, se refiere a los presocráticos y otros sabios de Oriente] [...] o bien, en parte al menos, en algunos griegos». Pero esto sería una impostura:

> «No creemos que nuestra empresa esté más interesada en saber si los descubrimientos nuevos fueron en otro tiempo conocidos de los antiguos [...] que lo están los hombres en saber si el nuevo mundo es la antigua isla Atlántida y fue conocido de los antiguos [...] Los descubrimientos deben solicitarse de la luz de la naturaleza, y no de las tinieblas de la antigüedad» [16].

A pesar de estas muestras de apoyo a la causa de la modernidad (y no a la de la antigüedad), reflejadas en su clara oposición a los ideales humanistas, en la práctica era muy difícil no recurrir a las técnicas argumentativas y a la retórica de sus antecesores intelectuales. Por ejemplo, una estrategia retórica muy habitual, empleada por autores como Vesalio o Copérnico, entre otros, consistía en evocar una práctica en una época del pasado gloriosa, para, a continuación, narrar la historia de su declive. Para estos autores un recurso así no sólo servía para manifestar su rechazo por el *status quo,* implícitamente suscitaba un interés y un deseo por cambiarlo. Bacon también narra la historia de una decadencia, y lo hace por los mismos motivos: su intención es despojar de su autoridad a la filosofía establecida de la época. Su relato, sin embargo, presenta algunas variaciones.

Bacon, de nuevo, menciona el período de los presocráticos como «la época en que la filosofía natural apareció con gran esplendor entre los griegos», pero lo hace para dejar constancia de su brevedad. A continuación, señala que «después que Sócrates hizo descender la filosofía del cielo a la tierra, la filosofía moral adquirió mayor predicamento y apartó las inteligencias de los estudios naturales» [17]. En otra ocasión llega a afirmar que los trabajos de los presocráticos fueron relegados a un segundo plano por la presencia de «obras más ligeras, que respondían mejor al alcance del vulgo y se acomodaban más a sus gustos», y que «el tiempo, como los ríos,

---

[16] *Ibidem,* I, 122, pp. 109-110.
[17] *Ibidem,* I, 79, p. 71.

arrastró hasta nosotros en su curso todo lo ligero e hinchado, y sumergió cuanto era consistente y sólido»[18]. Posteriormente, los romanos se concentraron en temas de filosofía moral y otras cuestiones de orden público, mientras que la cristiandad en Occidente dedicó todos sus esfuerzos, y sus mejores talentos, a la teología. A nadie sorprendía, por tanto, que la filosofía natural hubiera avanzado tan poco: todo se debía a una falta de dedicación absoluta. Esta falta de progreso, sin embargo, no estaba reñida, en principio, con los objetivos de un Bacon visionario, ansioso por poner en práctica, con el beneplácito de la sociedad, una filosofía natural bien planteada y pródiga en beneficios[19]. Más allá de su situación en el presente, había que estimar y valorar justamente su potencial de cara al futuro. La historia, después de todo, ya había demostrado que todo podía mejorarse.

Como buen revolucionario, Bacon se negó a ser juzgado según los criterios de sus oponentes. Después de su comentario, antes citado, acerca de la gloria de los antiguos, añade:

> «Preciso es decirlo con franqueza: no se puede emitir juicio acerca de nuestro método, ni acerca de los descubrimientos por él realizados, en nombre de las prenociones (es decir, de la razón, tal como actualmente se la entiende), pues ni puede pretenderse que se reconozca como autoridad aquello mismo que se quiere juzgar»[20].

En contraste con la perspectiva aristotélica, Bacon concebía la filosofía natural como un esfuerzo por producir *resultados,* por ejemplo, aplicaciones prácticas. Esta capacidad de producir no era simplemente la *consecuencia* de un saber natural filosófico adecuado; también constituía su *criterio* de verdad. En un comentario ya famoso (todo hay que decirlo, algo ambiguo en el latín original) Bacon expresa esta idea de la siguiente forma: «Por esto, es por lo que las cosas están aquí en su realidad desnuda, hasta la verdad y la misma utilidad, y las invenciones deben ser más estimadas como prendas de la verdad, que como bienhechoras de la vida»[21]. Bacon, sin embargo, no concebía los trabajos prácticos únicamente como

---

[18] *Ibidem,* I, 71, p. 63.
[19] *Ibidem,* I, 79, pp. 70-71.
[20] *Ibidem,* I, 33, pp. 38-39.
[21] *Ibidem,* I, 124, p. 112.

medios para hallar la verdad filosófica. En el *Novum organum,* en su crítica al proceder de otros filósofos, comenta: «No cesan los hombres de abstraer la naturaleza, hasta haber llegado a la materia potencial e informe[22]; y, por otra parte, no cesan de dividirla hasta que encuentran el átomo. Aun cuando estos resultados fuesen verdaderos, no podrían contribuir mucho a aumentar las riquezas del hombre»[23].

Queda claro, por tanto, que la filosofía, para Bacon, no constituía un fin en sí mismo. De hecho, gran parte del Libro I del *Novum organum* estaba dedicado a cuestionar seriamente las aspiraciones de otros proyectos filosóficos ya existentes. De esta forma, Bacon preparaba el terreno para su propio plan, que había de superarlos a todos. Su estrategia no se basaba en un análisis crítico que demostrara la ineficacia o falta de solidez de los razonamientos de sus rivales. Bacon atacaba directamente sus objetivos, esto es, intentaba demostrar que carecían de sentido. Así, por ejemplo, el gran fallo que cometían los aristotélicos era interpretar erróneamente el propósito de la filosofía natural. Al mostrar desdén por los saberes prácticos (del tipo de los que podían servir para mejorar la existencia humana) llegaban incluso a actuar de una manera inmoral, sostenía Bacon. Este juicio se basaba en un precepto del cristianismo que Bacon hacía suyo: la caridad con los demás. La «improductiva» filosofía de Aristóteles incumplía sin duda este deber. En realidad, según Bacon, todo parecía indicar que la filosofía natural sí podía servir de ayuda a las personas; es más, no había motivo por el que no debiera estar orientada hacia ese fin. «No hay para las ciencias otro objeto verdadero y legítimo, que el de dotar la vida humana de descubrimientos y recursos nuevos»[24].

> «Que el género humano recobre su imperio sobre la naturaleza, que por don divino le pertenece; la recta razón y una sana religión sabrán regular su uso»[25].

El «imperio sobre la naturaleza» al que Bacon se refería era algo sobre lo que había que insistir. Una vez que la idea de dominar la natu-

---

[22] Tómese nota de los conceptos aristotélicos empleados aquí.
[23] BACON, *Novum Organum,* I, 66, p. 58.
[24] *Ibidem,* I, 81, p. 72.
[25] *Ibidem,* I, 129, p. 118.

raleza fuera aceptada, entonces todo se reduciría a una cuestión de «recta razón y sana religión»: razón, bajo la forma del nuevo órgano de Bacon, y religión, porque los objetivos de este saber eran objetivos cristianos.

El conocimiento y el arte de gobernar

Bacon presentó su método para elaborar conocimientos, lo que él denominó *via et ratio,* como algo radicalmente opuesto al enfoque aristotélico predominante en el mundo académico. Por encima de todo, Bacon criticó la fijación aristotélica por la demostración silogística[26]. Su rechazo tenía como base un problema de carácter lógico. Volvamos al ejemplo clásico de silogismo antes mencionado:

Todos los hombres son mortales.	Premisa mayor
Sócrates es un hombre.	Premisa menor
Por lo tanto, Sócrates es mortal.	Conclusión

Cuando, en la lógica de silogismos, derivamos la conclusión a partir de las premisas, dicha conclusión se refiere a un particular. La premisa mayor, sin embargo, es una proposición de tipo *universal.* Según Bacon, y ésta es la clave de su razonamiento, sólo aceptamos el carácter de verdad de la premisa mayor porque anteriormente hemos aceptado el carácter de verdad de todos los casos particulares que la conforman. De todos ellos, el referido a Sócrates es únicamente un ejemplo concreto. Por lo tanto, sostenía Bacon, nuestro conocimiento de la premisa mayor es *consecuencia* de nuestro conocimiento de un gran número de casos particulares (como el de Sócrates). Así pues, el razonamiento en el silogismo parece funcionar al revés: de cara a obtener un conocimiento cierto, debemos empezar por los casos individuales hasta llegar a una proposición de carácter universal. Dicha proposición universal aparece, por tanto, al final del proceso, y no al principio (como en el silogismo). En consecuencia, sugería Bacon, «de la propia suerte que las ciencias en su estado actual no pueden servir para el progreso de la industria, la lógica que hoy tenemos no puede servir para el adelanto de

[26] Acerca del silogismo, véase sección segunda de la Introducción.

la ciencia»[27]. De hecho, «las ciencias que hoy poseemos no son otra cosa que cierto arreglo de descubrimientos realizados. Las ciencias hoy no nos enseñan ni a hacer nuevas conquistas ni a extender nuestra industria»[28].

Bacon, por tanto, apostaba por una forma particular de «inducción». Con esta expresión (del latín, *inductio*), Bacon se refería a la creación de verdades de carácter general («axiomas») acerca del mundo que fueran análogas a la premisa mayor de un silogismo deductivo. En sentido opuesto a la deducción, la inducción generaría proposiciones mejor fundamentadas, superiores a las entonces utilizadas (pues «la lógica en uso es más propia para conservar y perpetuar los errores que se dan en las nociones vulgares que para descubrir la verdad»)[29]. Esta forma de inducción, sin embargo, no parecía consistir simplemente en una acumulación de casos que diera lugar a generalizaciones abstractas: Bacon rechaza explícitamente la «inducción como enumeración» (un recurso habitual en la disciplina de la retórica clásica). En lugar de únicamente acumular ejemplos, y de vez en cuando ignorar las excepciones inconvenientes, uno debía «excluir y rechazar» todas las posibilidades hasta quedarse con una: la verdadera[30]. El resultado sería una proposición («axioma») basado en la experiencia de ejemplos particulares pero con un alcance mayor que el de éstos, por lo que serviría para descubrir nuevos casos particulares[31].

Desde esta perspectiva, la figura del artesano ocupaba un lugar central en el planteamiento baconiano. La pólvora, el hilo de seda, la brújula magnética para la navegación y la imprenta eran verdaderas innovaciones (aún recientes) que Bacon caracterizaba como descubrimientos fortuitos a cargo de gente sin educación pero con mucha experiencia práctica. Si este tipo de hallazgos eran fruto de la casualidad, qué no esperar de una búsqueda disciplinada y metódica[32]. Su objetivo era un tipo de experiencia, según él, «grabada por la pluma» (*experientia literata*)[33]. En la práctica, esto equivalía a producir una

---

[27] BACON, *Novum Organum*, I, 11, p. 34.
[28] *Ibidem*, I, 8, p. 34.
[29] *Ibidem*, I, 12, p. 34.
[30] *Ibidem*, I, 105, pp. 95-96.
[31] *Ibidem*, I, 106, p. 96.
[32] Por ejemplo, *ibidem*, I, 100, pp. 93-94.
[33] *Ibidem*, I, 101, p. 94. La expresión es *experientia literata*, «experiencias escritas».

serie de listas escritas recogiendo hechos individuales extraídos de la experiencia; hechos que, tras un proceso de selección y eliminación, servirían para componer los axiomas. El uso de estas listas, o «tablas», se explicaba en el Libro II del *Novum organum*.

El historiador Julian Martin ha caracterizado la preferencia de Bacon por una filosofía natural «activa» como algo propio de un abogado o de un administrador civil. «Escribía como un Lord Chancellor»[34], se dice que afirmó sobre él, a mitad de siglo, William Harvey. Este comentario, a pesar de que normalmente se interpreta como una muestra de rechazo hacia la filosofía de Bacon, encierra una gran verdad, ha señalado Martin. A principios del siglo XVII, Bacon formó parte de un gran plan para codificar y sistematizar la legislación inglesa. Como parte del intento por reducir las leyes generales a un corpus concreto de legislación escrita, una de las tareas que había que realizar era clasificar y organizar por categorías cierto número de casos para después identificar y extraer los principios legales subyacentes. Sin duda, se trata de un ejercicio burocrático muy similar al posterior programa baconiano de reforma de la filosofía natural. En ambos casos la reforma concordaba con los intereses del Estado.

En la obra *New Atlantis* (*Nueva Atlántida*), Bacon expuso a grandes trazos su visionaria concepción de una organización política al servicio de la producción de saberes. *New Atlantis* fue publicada en inglés, en 1626, el año de su muerte. El libro recoge la fabulosa descripción de una isla misteriosa en el Pacífico (su capital, Bensalem), desconocida para los europeos. Se trata de un Estado regido por un gobierno racional, en el que los individuos interesados en la producción de saberes prácticos desempeñan un papel fundamental. Este tipo de visiones utópicas era algo habitual en la época; dos ejemplos del siglo XVII que precedieron a la obra de Bacon, *Christianopolis,* de Johann Valentin Andreae (1619), y *La Ciudad del Sol,* de Tommaso Campanella (1623), también describían ciudades ideales donde, al igual que en Bensalem, se proclamaba una visión filosófica del mundo y del conocimiento.

En la versión baconiana, una institución llamada «Templo de Salomón» constituye el centro intelectual. Los individuos que allí trabajan (son todos hombres) y sus funciones, claramente diferenciadas,

---

[34] Para más información sobre Harvey, véase capítulo 7, sección cuarta.

nos los describe Bacon: unos viajan por el mundo, haciendo acopio de información; otros la extraen de los libros, para un posterior análisis experimental; finalmente, otros realizan experimentos de cara a obtener más, y nueva, información. Por encima de estas personas, otros analizan los resultados e idean nuevos experimentos. En lo más alto de la jerarquía se encuentran los «Intérpretes de la Naturaleza», tres individuos cuya función es producir axiomas a partir de la información adquirida (axiomas que constituyen el máximo logro de la filosofía inductiva baconiana). Por último, hay otros cuya misión es obtener conclusiones a partir de los axiomas, para producir así beneficios prácticos. Organizado de esta manera, el Templo de Salomón se ocupa «del conocimiento de las causas, y los movimientos ocultos de la realidad; y de expandir los límites de la supremacía humana sobre el mundo»[35].

El afán de Bacon por indagar en la temática de las causas naturales (tema por excelencia de una filosofía natural de carácter cualitativo) contrasta con una aparente falta de interés por las matemáticas. En este caso concreto, la categorías conceptuales que emplea le delatan: denotan una deuda con la filosofía del aristotelismo escolástico. Bacon escribe acerca de las matemáticas en el *Novum organum,* insistiendo en que sólo deben poner límites a la filosofía natural, «no engendrarla y producirla»[36]. Bacon estaba interesado en saber cómo funciona la realidad, para así poder controlarla; a esto se refería con la expresión «conocimiento de las causas, y de los movimientos ocultos». A pesar de no constituir una de las áreas centrales del *Novum organum,* Bacon contaba con una teoría de la materia con la que explicar el comportamiento de las partículas submicroscópicas (su movimiento, sus simpatías y antipatías, etc.). Dicha teoría de la materia, que desempeñaba un papel importante en su concepción de la filosofía natural, debía mucho a las ideas de los alquimistas y los magos. Aunque Bacon había expresado en repetidas ocasiones su rechazo por los métodos de estos individuos (criticaba su secretismo y su desinterés social), entre sus escritos encontramos, por ejemplo, ideas tan propias de la alquimia como la noción de simpatía natural; al mismo tiempo, detectamos la influencia del ideal mágico de dominar el poder de las estrellas, por ejemplo, un tipo de saber claramen-

---

[35] Francis BACON, *The Works,* 7 vols., ed. de J. SPEDDING, R. L. ELLIS y D. D. HEATH, Londres, 1857-1861, vol. 3, p. 156.

[36] BACON, *Novum Organum,* I, 96, p. 90.

te orientado a fines prácticos. En definitiva, la magia (sobre todo la denominada magia natural, que se servía de las propiedades ocultas de los objetos) constituye, junto al saber artesanal, uno de los contextos de referencia imprescindibles para comprender la génesis de las ideas baconianas sobre filosofía natural.

En cualquier caso, la importancia real de la obra de Bacon, y su influencia en autores posteriores, radica en sus ideas sobre cuestiones metodológicas más que en su forma de comprender la naturaleza. Es cierto que Bacon empleó, entre otros, conceptos como «proceso latente» y «estructura latente» a la hora de describir la estructura interna, espiritual y oculta de los diversos tipos de materia[37], pero en la práctica estas ideas no eran sino manifestaciones de su enfoque metodológico, según el cual saber *lo que algo es* equivale a saber *cómo producirlo*. Por citar un ejemplo conocido: el hecho de crear oro a partir de la atribución de sus propiedades a cierta materia (proporcionarle un color amarillento, una cierta densidad y maleabilidad, etc.) era un proceso que Bacon interpretaba desde una perspectiva «mecanicista»[38]. Es decir, eran propiedades transferibles mediante la aplicación de técnicas artesanales, o «mecánicas»: martillar, calentar, filtrar, etc. En definitiva, según este modelo explicativo, que hacía de marco conceptual para el estudio de la estructura subyacente de la materia, ésta se componía de partes que uno podía deformar a base de golpes, remodelar con calor, etc.[39] Como mostraremos en el capítulo 7, este tipo de ideas, sobre todo la insistencia, por parte de Bacon, en la importancia de la experiencia de primera mano, la experimentación, y su carácter practico, sirvieron, posteriormente, para promocionar el tipo de mecanicismo corpuscular, pragmático, del que hizo gala la Royal Society en sus comienzos.

---

[37] *Ibidem,* II, 6-7, pp. 127-129. «Espiritual» porque él creía, al igual que los alquimistas, que algunos cuerpos, especialmente los metales, poseían ciertas propiedades que provenían del espíritu sutil que ocupaba el espacio entre sus partículas.

[38] *Ibidem,* II, 5, pp. 124-127.

[39] Véase, por ejemplo, cómo determina la verdadera naturaleza (la «forma») del calor. *Ibidem,* II, 11-20.

Capítulo 4

Las matemáticas desafían a la filosofía: Galileo, Kepler y los topógrafos

Alternativas a la filosofía natural

Como hemos señalado en el anterior capítulo, a pesar de su novedad, la concepción baconiana (de una filosofía natural de carácter operativo) era de algún modo una continuación del estilo de filosofía natural que se enseñaba en las universidades. En realidad, lo que Bacon había propuesto no dejaba de ser una reforma, radical eso sí, de la filosofía natural, pero una reforma al fin y al cabo; no se trataba de un proyecto totalmente diferente. Esto parece sugerir que las posibilidades de plantear nuevos enfoques para el estudio de la naturaleza eran ciertamente limitadas, y, en efecto, así sucedía. No obstante, además de la filosofía natural, se contaba con otros medios, otros modelos de pensamiento, para llevar a cabo tal estudio. Había también nuevas áreas que explorar, nuevas cuestiones por resolver, abiertas a todos aquellos para los que el proyecto específico de los físicos había dejado de ser convincente o interesante.

Si recordamos, la física de Aristóteles tenía por objetivo el estudio de los procesos cualitativos. Lo cuantitativo, al no referirse a las esencias, estaba relegado a un segundo plano. Todo lo relacionado, por tanto, con la medida de cantidades, dimensiones o números era considerado algo puramente descriptivo, en contraste con la labor del filósofo natural, centrada en la comprensión y la explicación.

A lo largo del siglo XVI, fueron varios los filósofos aristotélicos que, empleando este tipo de razonamientos, se dedicaron a desprestigiar la función de las matemáticas. Académicos como Alessandro Piccolomini, o filósofos naturales tan importantes como Benito Pe-

reira sostenían que las matemáticas, comparativamente inferiores a la física, no demostraban sus conclusiones mediante *causas*. Desde una perspectiva aristotélica, esto privaba a las pruebas matemáticas de su estatus científico, ya que Aristóteles había indicado muy bien la necesidad de identificar una causa explicativa a la base de todo proceso válido de demostración científica. Dicha causa, que según las cuatro categorías de Aristóteles podía ser formal, final, eficiente y material, era lo que otorgaba a la prueba su carácter científico[1]. Según estos críticos, las matemáticas no podían considerarse una disciplina científica porque no hacían uso de este tipo de causas. En concreto, era evidente la incapacidad de las matemáticas para referirse a las causas *formales,* esto es, la atribución, en terminología aristotélica, de forma, o *esencia,* a lo existente. Las matemáticas, en definitiva, servían únicamente para describir aspectos superficiales, cuantitativos, de los objetos (los *accidentes*), y no para explicar su verdadera naturaleza o esencia.

Ni que decir tiene que muchos matemáticos de la época se negaron a aceptar este tipo ideas. Para ellos era importante tratar su propia disciplina como una «ciencia», ya que el saber científico constituía el grado más alto de conocimiento, y de ningún modo deseaban un estatus inferior al de los físicos. Como consecuencia de esto, entre finales del siglo XVI y principios del XVII se publicaron numerosas propuestas en contra de lo defendido por los filósofos naturales, con el objetivo de demostrar que las pruebas matemáticas sí eran causales, y por tanto, científicas. De entre todos los que alzaron su voz, los matemáticos jesuitas (pertenecientes a la Compañía de Jesús, orden religiosa católica) merecen una atención especial.

A lo largo de la segunda mitad del siglo XVI, la Compañía de Jesús (fundada por Ignacio de Loyola en 1540) se convirtió en la orden más importante del catolicismo en cuestiones de formación y educación. Sus colegios, avalados por una excelente reputación académica, se extendieron muy pronto por toda Europa. El tipo de educación que en ellos se ofrecía se asemejaba, de alguna forma, a la educación humanista propia de las universidades. Dejando a un lado los aspectos estrictamente religiosos, su programa educativo se basaba en una sólida formación en lenguas y literatura clásicas, además de las materias propias de la tradición escolástica (física, metafísica y ética, siguiendo

[1] Véase capítulo 1, sección primera.

los textos de Aristóteles, y los temas del *quadrivium,* es decir, matemáticas)[2]. Los jesuitas matemáticos no solían estar al cargo de la enseñanza de la filosofía natural. Es más, algunos de ellos se oponían a la desfavorable caracterización que de su disciplina hacían muchos de sus propios hermanos en sus escritos, Pereira por ejemplo.

La primera defensa seria de las matemáticas llegó de la mano de Christoph Clavius, el más importante matemático jesuita de finales del siglo XVI, profesor del Collegio Romano (la mayor institución educativa de la orden, en Roma). Clavius rechazó de manera explícita el tipo de actitud de los filósofos ante las matemáticas, y alertó sobre el posible daño pedagógico que podían causar con su manera de enseñar la materia. Alrededor del año 1580 se quejaba de que muchos profesores afirmaban ante sus estudiantes que «las ciencias matemáticas no son ciencias, no emplean demostraciones, ni abstraen del ser o del bien»[3]. Clavius, en definitiva, deseaba para los profesores de matemáticas el mismo trato deferente y respetuoso que recibían los profesores de filosofía natural y metafísica. Pero la persistente actitud discriminatoria de estos últimos constituía un obstáculo difícil de superar, en especial su sólida defensa argumental, ante la cual las razones de Clavius no parecían ser del todo efectivas. Con todo, logró definir y asentar un planteamiento en defensa de las matemáticas que posteriormente sería adoptado por otros jesuitas. Basándose en textos aristotélicos, Clavius sostenía que Aristóteles había asignado a las matemáticas un papel fundamental en su filosofía, tan importante como el asignado a la física, lo cual demostraba que ambas poseían el mismo estatus cognitivo. Aristóteles, además, había cualificado como «ciencias subordinadas» a las disciplinas de las matemáticas mixtas (astronomía, música, etc.), ya que sus resultados dependían de las conclusiones de otras ciencias superiores, la geometría y la aritmética. Quedaba, por tanto, fuera de toda duda que Aristóteles había considerado las matemáticas como una verdadera ciencia.

Autores jesuitas posteriores apoyaron la iniciativa de Clavius, reforzando su postura con consideraciones de base filosófica que

---

2 Véase capítulo 1, sección segunda.

3 Citado en Peter DEAR, *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution,* Chicago, University of Chicago Press, 1995, p. 35. [Fuente: CLAVIUS, «Modus quo disciplinae mathematicae in Scholis Societatis possent promoveri», en *Monumenta Paedagogica Societatis Jesu,* 1901, pp. 471-474.]

rebatían los argumentos antimatemáticos. Giuseppe Biancani, por ejemplo, un antiguo estudiante suyo, en una obra de 1615 se dedicó a refutar dos de los supuestos más extendidos: que las demostraciones matemáticas no empleaban pruebas causales y que las entidades matemáticas (las figuras geométricas o los números) carecían de esencia. Según Biancani, no es que las entidades matemáticas carezcan de esencia, sino todo lo contrario: la geometría, por ejemplo, define sus objetos para, precisamente, expresar su esencia. Un triángulo, por citar un caso concreto, es una figura compuesta por tres líneas rectas en un mismo plano que se cruzan unas con otras y forman tres ángulos internos; en esto consiste *ser* un triángulo. De igual modo, las figuras geométricas también poseen su propia materia (objeto de las explicaciones material-causales): la *cantidad*. Con este tipo de razonamientos, Biancani no sólo intentaba acallar a los filósofos críticos con las matemáticas, también proponía, siguiendo a Clavius, atribuir cierto carácter de superioridad a las demostraciones matemáticas, en comparación con las de la filosofía natural. Esta aparente superioridad se justificaría apelando a la reconocida certeza de las pruebas matemáticas, muy superior a la de otras formas de razonamiento filosófico.

Gracias al esfuerzo inicial de Clavius, este tipo de debates fue extendiéndose entre la comunidad de matemáticos de principios del siglo XVII, sobre todo entre los jesuitas. Servían para aumentar su confianza en la disciplina: las ciencias matemáticas no sólo estaban a la misma altura que la filosofía natural a la hora de generar conocimientos acerca de la naturaleza, sino que en ciertas cuestiones parecía incluso que podían superarla. Uno de estos matemáticos era el amigo italiano de Clavius, Galileo Galilei.

Galileo, el filósofo matemático

Galileo había nacido en 1564, en Pisa, la segunda ciudad más importante del gran ducado de Toscana, en el norte de Italia. Hijo de Vincenzo Galilei, músico de Florencia, la capital de la región, y de Giulia Ammannati, su familia pertenecía a la baja nobleza. Empezó a estudiar medicina en la universidad de Pisa, pero la falta de vocación, unida a su buena aptitud para las matemáticas, hicieron que abandonara sus estudios en 1585. Unos años más tarde, en 1589, regresó a la misma universidad para hacerse cargo de una cátedra de matemáti-

cas. Dicha plaza había sido obtenida gracias a las recomendaciones personales de matemáticos reconocidos e influyentes, entre otros Guidobaldo dal Monte. Es en esta época cuando Galileo conoció a Clavius, durante una visita a Roma en 1587[4].

Su trayectoria profesional a partir de entonces podría decirse que fue, en gran medida, una proyección de su personalidad, agresiva y ambiciosa. A pesar de que su situación inicial no había sido diferente a la de otros matemáticos académicos de su época (compartía su enfoque, sus ideales y sus perspectivas de futuro), Galileo logró lo que otros en su misma posición desearon pero no pudieron conseguir: hacer frente a los prestigiosos, y mejor pagados, filósofos naturales, negándose a reconocer ni su saber ni su superioridad.

La primera manifestación de esta actitud data del año 1590, aproximadamente, cuando Galileo era profesor en Pisa. Gracias a un tratado manuscrito que ha sobrevivido hasta nosotros, el denominado *De motu* (*Sobre el movimiento,* escrito en latín), sabemos que ya por esta época Galileo mantenía disputas con los vilipendiados físicos aristotélicos. El título mismo de la obra es muy significativo. El movimiento, manifestación paradigmática del cambio, era uno de los temas centrales de la física aristotélica. El filósofo natural recurría a esta noción (junto a la de causa final) para explicar, entre otras cuestiones, por qué las cosas cambian de lugar. Por citar un ejemplo concreto, a la hora de de explicar la caída de los graves Aristóteles había llegado a sugerir que se trataba de un movimiento *natural,* ya que, por naturaleza, a los cuerpos pesados les corresponde caer cuando nada se lo impide. Pero, *¿por qué* caen? Según Aristóteles, los cuerpos caen porque buscan su lugar en el centro del universo. La acción de caer es entendida, por tanto, como un *proceso* de desplazamiento, con su punto de partida y su destino final. En este caso, el punto de destino, el centro del universo, coincide, según Aristóteles, con el centro de la tierra, ya que la tierra no es sino la acumulación de todos los cuerpos pesados, reunidos en torno a su emplazamiento natural.

Fundamentándose en este tipo de razonamientos, entre las leyes sobre el movimiento de caída que Aristóteles había deducido se encontraba la de que cuanto más pesado es un cuerpo más rápido cae. El peso de un cuerpo era, por tanto, la expresión de su tenden-

---

[4] Sobre Guidobaldo, véase capítulo 2, sección quinta.

cia motriz: un aumento de peso implicaba un aumento en la velocidad de descenso. Por consiguiente, si un cuerpo pesaba el doble que otro su velocidad al caer tenía que ser doble también. En *De motu,* Galileo sostiene que este conocida ley aristotélica es falsa. Sus argumentos para intentar demostrarlo son numerosos. Sugiere que imaginemos, por ejemplo, la caída de dos cuerpos diferentes que, de repente, quedan entrelazados con una cuerda. Por el hecho de estar unidos constituirían un nuevo agregado, un nuevo cuerpo. Éste, al ser más pesado que cualquiera de sus componentes originales debería, según la teoría aristotélica, caer más rápido que ellos. Para Galileo esta conclusión era inaceptable: le resultaba inconcebible que dos objetos separados, conectados durante la caída, acelerasen de manera súbita.

Su planteamiento es diferente: se basa, en parte, en las ideas de un importante predecesor suyo, el matemático Arquímedes[5]. En su obra *Sobre los cuerpos flotantes* Arquímedes había estudiado la relación entre la gravedad específica (o densidad) de un cuerpo y el medio en el que éste se hallaba sumergido. Dicha relación le había servido para determinar si un cuerpo debía flotar o hundirse en un determinado medio: si la densidad del cuerpo era mayor que la del medio, se hundiría; si la densidad era menor, flotaría. Lo que hace Galileo es trasladar este mismo razonamiento a su propia discusión sobre la caída de los cuerpos: los describe como si estuviesen *hundiéndose* en un medio común, el aire, y analiza su velocidad de caída comparando su gravedad específica con la del aire.

Es interesante destacar que Galileo *no* se plantea la pregunta: «¿por qué caen los graves?». Ésta habría sido la pregunta propia de un filósofo natural. Galileo, en cambio, siendo un matemático, se pregunta únicamente a qué velocidad caen los cuerpos, y cuál es la relación entre sus densidades y la del medio. Al igual que Arquímedes, Galileo no se pregunta qué es el peso. En claro desacuerdo con la doctrina de Aristóteles, su conclusión principal es que dos cuerpos, del mismo material, pero de pesos diferentes (por ejemplo, dos balas de cañón, de hierro macizo, de diferentes tamaños) deberían caer con la misma velocidad. Las velocidades dependerían de la relación entre la gravedad específica de las balas y el medio común, en este caso, el aire; al estar hechas del mismo mate-

[5] Véase capítulo 2, sección quinta.

rial, su gravedad específica sería la misma, y por tanto caerían con igual velocidad.

En 1591, Galileo abandonó la universidad de Pisa para hacerse cargo de otra cátedra, similar pero de mayor renombre, en la famosa universidad de Padua. La ciudad de Padua, al noreste de Italia, pertenecía entonces a la república independiente de Venecia, por lo que la nueva posición académica de Galileo quedó bajo el control del Senado veneciano. Galileo permaneció en Venecia durante casi dos décadas. Durante este tiempo, trabajó como profesor de matemáticas en la universidad, aunque, para aumentar sus ingresos, también se dedicó a la fabricación y venta de instrumentos para la topografía, una actividad, de carácter práctico, muy en boga entonces[6]. Como era de esperar, durante todos estos años no le faltaron ocasiones para entrar en polémicas con los filósofos aristotélicos del lugar. Y es que para el año 1609 Galileo tenía muy avanzada su investigación sobre el movimiento de los graves, incluyendo sus célebres hipótesis sobre la aceleración uniforme de los cuerpos en caída libre y las trayectorias parabólicas de los proyectiles. Estos trabajos, sin embargo, no se publicarían hasta mucho más adelante, en el año 1638, en sus *Discorsi e Dimostrazioni Matemátiche, intorno a due nuoue scienze* (*Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*)[7]. Lo que sí parece claro es que durante este período en Pisa el rechazo intelectual que le producía la filosofía natural de sus colegas aristotélicos fue una fuente de inspiración constante, y le sirvió de acicate para desarrollar sus investigaciones. Pero eso no es todo: es muy probable que este rechazo fuera también, junto a su imperiosa vocación matemática, lo que propició que, a finales de siglo, Galileo recibiera con interés las heterodoxas doctrinas de otro matemático, Nicolaus Copernicus.

Gracias a que conservamos dos cartas del año 1597 en las que se menciona a Copérnico, sabemos que el interés de Galileo por sus teorías data de esas fechas, si no de antes. Una de estas cartas la recibió el gran astrónomo Johannes Kepler, en agradecimiento por el envío de su *Mysterium cosmographicum* (*Misterio Cosmográfico*), obra de

---

[6] Véase sección cuarta del presente capítulo.

[7] La mejor traducción al inglés de este trabajo es Galileo GALILEI, *Discourses and Demonstrations Concerning Two New Sciences*, trans. de Stillman Drake, Madison, University of Wisconsin Press, 1974. Para más información sobre la trayectoria profesional de Galileo, véase capítulo 6, sección segunda, y capítulo 7, sección primera.

corte copernicano publicada el año anterior. Es célebre la frase en la que Galileo afirma que él también es un copernicano, y que lo ha sido «durante muchos años»[8]. Sin embargo, hasta la primera década del siglo XVII (sobre todo a partir de 1609, cuando comienza a realizar observaciones astronómicas con el telescopio), Galileo no pareció tomarse en serio las cuestiones cosmológicas en sí mismas[9]. Si el copernicanismo le interesaba era sobre todo porque parecía un arma eficaz con la que atacar a los físicos aristotélicos. Por un lado, Copérnico postulaba un universo heliocéntrico, lo que invalidaba por completo las teorías físicas sobre las que se basaba el sistema aristotélico. Si la tierra dejaba de ser el centro del universo ya no podía explicarse, por ejemplo, el movimiento de caída de los graves (o el ascenso de los cuerpos ingrávidos). El razonamiento de que se mueven con respecto al centro de la tierra (por ejemplo, el centro del universo) ya no serviría[10]. Por otro lado, desde un punto de vista astronómico, no tanto cosmológico, había motivos para estar a favor del copernicanismo. Las razones eran las propias de un matemático, interesado en ordenar y clasificar los movimientos celestes, y no las de un físico, preocupado por comprender y explicar su naturaleza. Aun así, esto no impidió que el propio Copérnico, y algunos de sus seguidores, por ejemplo Kepler, aceptaran las conclusiones de tipo cosmológico que se derivaban del nuevo sistema astronómico[11].

En manos de Galileo, por tanto, la astronomía copernicana se convirtió en el principal recurso de un matemático dispuesto a cuestionar la cosmología aristotélica. La habitual distinción entre física y matemáticas parecía no importarle demasiado: según él, el filósofo natural no debía pasar por alto los descubrimientos del astrónomo matemático, pues tales descubrimientos afectaban directamente al contenido de sus teorías; de alguna manera era el astrónomo quien comunicaba al físico qué fenómenos necesitaban explicación. En sus *Cartas sobre las manchas solares* (1613) Galileo se dedicó a defender este punto de vista, y para ello tomó como estudio de caso la presen-

---

[8] Michael SHARRATT, *Galileo: Decisive Innovator*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994, p. 70; traducido en Annibale FANTOLI, *Galileo: for Copernicanism and for the Church*, trans. de George V. Coyne, 2.ª ed., Roma, Vatican Observatory, 1996, p. 70.

[9] Véase capítulo 6, sección segunda.

[10] Copérnico había intentado resolver esta cuestión en el Libro I del *De revolutionibus*, postulando que la gravedad sería una propiedad de cada una de los cuerpos celestes, incluida la tierra. Véase capítulo 2, sección cuarta.

[11] Véase capítulo 2, sección cuarta.

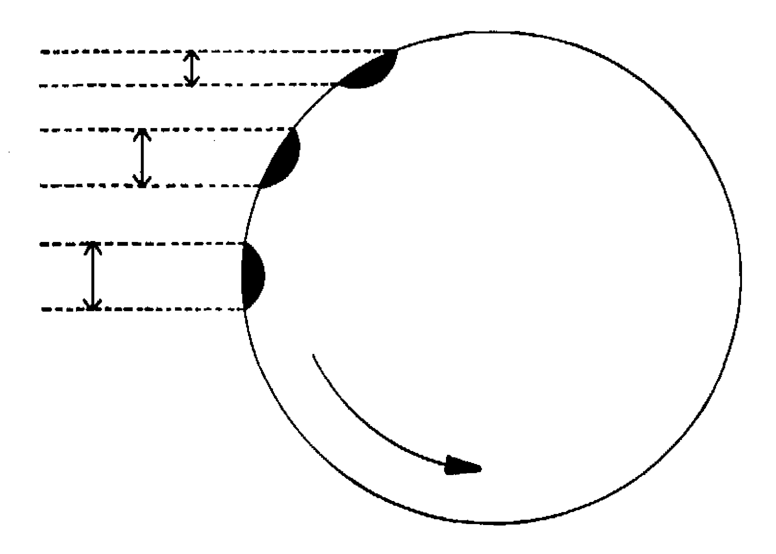


Figura 4.1. Razonamiento de Galileo sobre la disminución del tamaño de las manchas solares, que demuestra que se encuentran sobre la superficie solar.

cia de manchas en la superficie solar. Según la teoría de Aristóteles, los cielos eran inmutables y perfectos. No hacían más que girar eternamente; en ellos no se producía generación o corrupción de ningún tipo. Las marcas en la superficie solar que Galileo y otros habían observado por primera vez en 1611 no parecían respetar ni el orden ni el ritmo cíclico propio de los cuerpos celestes. Esta irregularidad incitó a Galileo a proponer que dichas marcas eran, en efecto, manchas oscuras sobre la superficie solar, que aparecían, cambiaban y, finalmente, desaparecían. Era importante para su razonamiento que las marcas estuvieran localizadas en la superficie misma del sol. El jesuita Christoph Scheiner, su principal rival en la pugna por el mérito de haber descubierto este fenómeno, había pensado en un principio que las marcas estaban formadas, en realidad, por agrupaciones de pequeñas lunas, demasiado numerosas como para constituir un grupo ordenado, en órbita alrededor del sol. En su contra, Galileo presentó sus argumentos siguiendo un planteamiento geométrico, y basándose en numerosas observaciones. Demostró que la anchura de las marcas parecía disminuir a medida que éstas se movían a lo largo de la superficie solar, desde el centro hacia uno de los extremos (y

parecía aumentar cuando reaparecían por el otro extremo, en dirección a la región central). Mostró también que este efecto de acortamiento cuando las marcas eran observadas cerca de los bordes del disco solar era consistente con la idea de que su emplazamiento era la superficie misma del sol. Si, por el contrario, estas manchas se encontraran por encima de la superficie, según Galileo, su aspecto observable sería totalmente diferente [12].

El razonamiento de Galileo llevaba a la siguiente conclusión: si se acepta que sobre la superficie del sol aparecen y desaparecen manchas oscuras, entonces es innegable que se dan procesos de generación y corrupción en los cielos, en contra de lo postulado por Aristóteles. Galileo había iniciado su argumento con una explicación de carácter matemático (acerca de ciertas propiedades externas del fenómeno: el tamaño aparente, la anchura y el movimiento de las manchas solares), y concluía con una explicación de carácter físico acerca de ciertos procesos en el ámbito celeste.

Según dejó escrito en alguna de sus contribuciones al debate con Scheiner, los sentidos no servirían para determinar la verdadera esencia de entidades tan lejanas como los cuerpos celestes; ni siquiera servirían para determinar la esencia de los objetos cercanos. «Lo que conozco sobre la verdadera naturaleza de la tierra o el fuego no es más que lo que conozco sobre la naturaleza de la luna o el sol; estos conocimientos permanecerán ocultos hasta el día en que alcancemos la gracia» [13]. Lo único que podríamos conocer, por tanto, serían aquellas propiedades que son accesibles a los sentidos:

> «Debería concluir que aunque vano es intentar determinar la verdadera esencia de las manchas solares, esto no significa que no podamos conocer algunas de sus propiedades, como su posición, movimiento, forma, tamaño, opacidad, mutabilidad, generación y disolución. Éstas, a su vez, pueden servirnos para filosofar mejor acerca de otras cualidades más problemáticas de las sustancias naturales» [14].

---

[12] Esta cuestión se trata en William R. SHEA, *Galileo's Intellectual Revolution,* Londres, Macmillan, 1972, pp. 55-57.

[13] «Tercera Carta sobre las Manchas Solares, de Galileo Galilei a Mark Welser», traducido en Stillman DRAKE (ed.), *Discoveries and Opinions of Galileo,* Carden City, NY, Doubleday Anchor Books, 1957, p. 124.

[14] *Ibidem.*

Según Galileo, el conocimiento de estas propiedades manifiestas (y mensurables) no sólo sería un fin en sí mismo; también constituiría una ayuda para el filósofo en sus pesquisas. En conclusión, el trabajo del matemático podría orientar, de alguna forma, el trabajo del físico.

El nuevo estatus y las nuevas aspiraciones de las ciencias matemáticas: Galileo y Kepler

En ocasiones, Galileo empleó el término «astrónomo filósofo»[15] como una forma de caracterizar el tipo de investigaciones que estaba realizando (sobre el problema de las manchas solares, por ejemplo, o acerca del sistema copernicano en general). Detrás de esta fórmula para referirse a sí mismo podía percibirse, de alguna manera, un atisbo de respeto no por los filósofos naturales pero sí por la categoría de filósofo natural. Así, por ejemplo, en 1610, durante las negociaciones con la Corte toscana sobre su nuevo cargo al servicio a los Medici (véase *infra,* capítulo 6, sección segunda), Galileo insistió en que su título oficial debía ser el de «filósofo y matemático» de la Corte. La práctica habitual de mantener a un matemático en la Corte (como en el caso de Tycho Brahe o de Kepler) era claramente insuficiente para Galileo. El quería ser reconocido también, y quizás sobre todo, como filósofo, alguien con autoridad para teorizar no sólo sobre la disposición del universo, sino también acerca de su naturaleza.

Como hemos indicado antes, los argumentos del jesuita Biancani a favor de la demostración matemática apuntaban también en esta misma dirección. En su caso, sin embargo, no se produjo ningún intento por desarrollar técnicas matemáticas que superasen los recursos de los físicos; por lo que parece, el objetivo de los matemáticos jesuitas era lograr estar a la altura de sus colegas, no superarlos. El objetivo de Galileo, en cambio, era reformar la filosofía natural, y hacer de ella una disciplina apta para los matemáticos. En cualquier caso, ambas actitudes en defensa de las ciencias matemáticas como forma válida de acercamiento al mundo natural son muestra de un nuevo movimiento que se estaba creando a principios del siglo XVII, y que empezaba a ser conocido como «física matemática».

---

[15] Véase DEAR, *Discipline and Experience,* p. 103.

El atractivo de esta nueva etiqueta radicaba en su imprecisión. Unía bajo un mismo nombre los ámbitos de las matemáticas y la física, y aun así la yuxtaposición resultaba del todo ambigua. Supuestamente designaba, en un sentido muy amplio, un tipo de matemáticas de especial relevancia para la física. Como señalamos en el capítulo 1, sección segunda, ya existían expresiones que parecían referirse a lo mismo, como, por ejemplo, «matemáticas mixtas», posiblemente la más utilizada. Y, sin embargo, se sentía la necesidad de acuñar un nuevo término. ¿Por qué?

La figura de Galileo nos resulta aquí tremendamente útil. Sus tentativas y esfuerzos son de gran ayuda a la hora de intentar comprender qué significó la difusión de la «física matemática» para todos aquellos que adoptaron con entusiasmo el nuevo término. Las polémicas de Galileo, su gusto por la propaganda, etc., ponen de manifiesto, igual de manera un tanto exagerada, las cuestiones que constituyen el debate central sobre lo que hoy denominamos la «revolución científica». Cuestiones todas ellas relacionadas con el problema de determinar en qué consistía, verdaderamente, la filosofía natural: sus objetivos, su metodología y, por encima de todo, su razón de ser. En el capítulo 3 ya señalamos los esfuerzos de figuras como Francis Bacon por intentar replantear el propósito de la filosofía natural. Al insistir en que ésta debía estar orientada hacia la práctica, Bacon introdujo importantes cambios en las maneras de proceder, generar conocimiento y presentar conclusiones (su nueva definición de «formas», por ejemplo); cambios que, junto al proyecto de los matemáticos (quienes, a pesar de las diferencias en objetivos y alcance, compartían este interés por un saber práctico), sirvieron para promover un nuevo tipo de filosofía natural, de carácter funcional. De hecho, sin apenas cambiar de nombre, a punto estuvieron de acabar con la filosofía natural más tradicional y reemplazarla por un proyecto totalmente diferente.

El caso de Galileo sirve para explicar por qué este cambio radical no tuvo lugar. Para empezar, la relación entre la nueva «física matemática», de la que él era partidario, y la filosofía natural tradicional era ciertamente problemática. Por un lado, las propiedades que Galileo y muchos otros deseaban atribuir al conocimiento matemático (a pesar de la oposición de los físicos) provenían en realidad de la propia filosofía natural. Es decir, los matemáticos no podían hablar de las virtudes de las ciencias matemáticas sin referirse, de algún modo, a los méritos de los físicos. Por otro lado, debido a la diferen-

cia de rango entre las dos disciplinas, por muy ciertas y válidas que fuesen sus demostraciones, el tipo de conocimiento del que se encargaban las matemáticas forzosamente iba a ser considerado inferior.

De alguna manera, a los matemáticos les sucedía lo mismo que a los artesanos. En este contexto, como ya hemos visto, el cambio de perspectiva baconiano había abogado por dotar de prestigio social a este conocimiento práctico, artesanal, asociado todavía al trabajo manual. En concreto, Bacon había propuesto revalorizar su carácter de utilidad, ofreciendo numerosos motivos, algunos relacionados con el buen funcionamiento del Estado, otros con la virtud cristiana de la caridad, etc. Había sugerido incluso proporcionar un nuevo alcance a la categoría de «filosofía natural»: ésta debía ser empleada en un sentido más amplio que el admitido por los académicos, de manera que, junto al conocimiento teórico, se incluyera también el conocimiento práctico. De manera similar, Galileo, junto a otros matemáticos, se negó a aceptar la distinción disciplinar entre filosofía natural y matemáticas, alegando que las matemáticas jugaban un papel crucial a la hora de obtener conclusiones físicas legítimas. La expresión «física matemática» servía para poner de manifiesto eso precisamente, que el saber de los matemáticos no iba a quedar subyugado al de los filósofos naturales. Es más, venía a decir que los matemáticos muy pronto iban a reemplazar a los propios físicos. Observamos, gracias a este ejemplo, que la categoría de «filosofía natural» (por todo lo que representaba) constituía un recurso muy eficaz para todos aquellos interesados en aumentar el estatus de sus respectivos saberes. Era objeto de crítica constante, pero también un punto de referencia imprescindible.

Otro importante defensor del papel central de las matemáticas en el ámbito de la filosofía natural fue el astrónomo Johannes Kepler. Este copernicano convencido, cuya concepción de la astronomía, al igual que la de cualquier astrónomo de la época, era fundamentalmente matemática, superó a todos en su empeño por promocionar la disciplina: según él, las matemáticas que servían de base a su teoría astronómica eran las mismas matemáticas que configuraban la estructura del universo. Un aspecto clave, por tanto, de su trabajo como astrónomo matemático era desarrollar una *física* matemática. Para Kepler, el universo era inteligible en términos matemáticos: las matemáticas, especialmente la geometría, ayudaban, de alguna manera, a comprender mejor la mente de Dios, el Creador (permitiendo el acceso a los saberes más ocultos de la filosofía natural). Así, en una de

sus últimas publicaciones, un trabajo de 1618 titulado *Epitome astronomiae Copernicanae* (*Compendio de astronomía copernicana*), Kepler describe su propia área de trabajo como parte de la física:

> «¿Qué relación mantiene esta ciencia [la astronomía] con otras? 1. Es una parte de la física, porque investiga las causas de las cosas y de los fenómenos naturales, porque el movimiento de los cuerpos celestes se incluye entre sus materias, y porque uno de sus objetivos es analizar la estructura del universo y sus partes [...] Dedica [el astrónomo] su saber a este fin, bien mediante razonamientos geométricos, bien mediante razonamientos físicos, hasta lograr obtener ante sus ojos una imagen verdadera de todo el universo» [16].

Kepler aplicó estas ideas a su trabajo de reestructuración de la astronomía copernicana. Había estado convencido de la verdad de la nueva cosmología de Copérnico desde sus años de estudiante en la universidad luterana de Tubinga, en Alemania. Merece la pena resaltar este dato: reconocer el valor práctico del *De revolutionibus* para los cálculos de la astronomía matemática era una cosa, y creer en la verdad literal del sistema copernicano, otra. Esto último no era nada habitual entre los astrónomos de la época; en el caso de Kepler, fue crucial la temprana influencia de su profesor de astronomía, Michael Mästlin, una de las excepciones a esta regla.

El tipo de cuestiones metafísicas y teológicas que Kepler deseaba plantear en relación con el sistema copernicano ya estaban presentes en su primera obra, *Mysterium cosmographicum* (*Misterio Cosmográfico*), de 1596, publicada cuando Kepler trabajaba como maestro de escuela en Austria. Lo más destacable de este libro es la presentación que hace Kepler de su descubrimiento acerca de la relación entre, por un lado, las dimensiones de las órbitas planetarias (calculadas según el sistema copernicano) y, por otro, ciertas interrelaciones entre los denominados sólidos «perfectos», o «platónicos», o «regulares». Con respecto a estas figuras, Euclides había demostrado que no podían ser más de cinco en número. Estaban formadas por lados

---

[16] Citado en Nicholas JARDINE, *The Birth of History and Philosophy of Science: Kepler's «A Defence of Tycho Against Ursus» with Essays on its Provenance and Significance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, p. 250. [Fuente: KEPLER, *Johannes Kepler gesammelte Werke*, ed. de W. VON DYCK y M. CASPAR, VII, Múnich, 1938, pp. 23-25.]

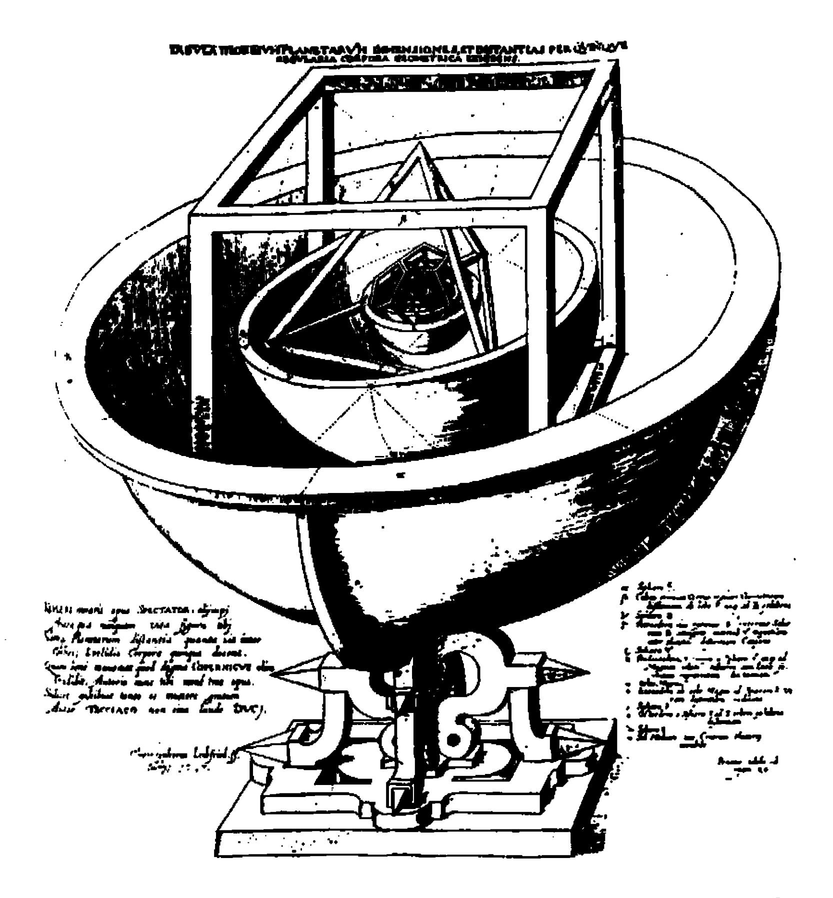


Figura 4.2. Representación de los cinco sólidos perfectos, de la obra de Kepler *Mysterium cosmographicum*.

idénticos, constituidos, a su vez, por polígonos regulares: triángulos equiláteros, cuadrados y pentágonos. Según Euclides, la lista de los cinco sólidos la formaban: el tetraedro, el cubo, el octaedro, el dodecaedro, y el icosaedro, de cuatro, seis, ocho, doce y veinte caras respectivamente. El hecho de que fuesen únicos en su género les confería un carácter especial, simbólico, según Kepler: los cinco sólidos expresaban algo muy profundo sobre la naturaleza del espacio y los principios geométricos en los que Dios se había basado para crear el universo. En el *Mysterium cosmographicum* se mostraba cómo las esferas (imaginarias) usadas para representar las distintas órbitas

planetarias (alrededor del sol, es decir, copernicanas) estaban separadas por distancias similares a las mantenidas entre sí por los sólidos perfectos.

Basándose en la información astronómica entonces disponible, Kepler había logrado demostrar que las dimensiones de las órbitas planetarias coincidían casi con exactitud (con un margen de error del 5 por 100) con las dimensiones de los sólidos, proporcionalmente intercalados en ellas. Pocos años después, en 1600, Kepler comenzaría a trabajar con Tycho Brahe, en Praga, con el fin de hacer uso de su célebre archivo de datos astronómicos y poder así reducir aún más el error de sus cálculos. El modelo de Kepler proporcionaba, además, una explicación de por qué había seis planetas en el universo copernicano: correspondían a los seis espacios que los cinco sólidos interpuestos generaban.

Kepler se sentía enormemente orgulloso de este resultado; le hacía pensar que estaba cada vez más cerca de comprender los fundamentos de la Creación divina. La geometría desempeñaba un papel fundamental en su razonamiento. No se trataba, simplemente, de una herramienta para calcular trayectorias y distancias astronómicas: la geometría era capaz de proporcionar *explicaciones* acerca del estado de la realidad. La geometría de los cinco sólidos perfectos, por ejemplo, no sólo servía para contabilizar los planetas y describir sus órbitas alrededor del sol; también *proporcionaba significado* a estos datos, a estos hechos. En este sentido, para Kepler, la estructura del universo era fundamentalmente matemática: como en el caso de los cinco sólidos perfectos, existía un tipo de inteligibilidad matemática que explicaba *por qué* la realidad se comportaba de una manera o de otra. Bien es verdad que en estos casos no se atribuía una *necesidad* de carácter demostrativo, matemático, a las explicaciones (a diferencia de, por ejemplo, la explicación euclidiana de por qué son iguales los ángulos de la base de un triángulo isósceles). Pero para Kepler lo interesante era que este tipo de explicaciones mostraban cuál había sido la intención de Dios al crear el mundo. De hecho, la trayectoria intelectual de Kepler, en muchos aspectos, tuvo como objetivo central conocer mejor a Dios, acercarse más a su obra y a su figura a través del estudio de la astronomía; un claro ejemplo de filosofía natural en su versión más teocéntrica.

La obra más importante de Kepler es su *Astronomia nova* (*Nueva astronomía*), publicada en 1609. En ella se recogen los resultados de un proyecto iniciado por Kepler a petición de Tycho cuyo

objetivo era elaborar un modelo astronómico fiable de Marte. Los astrónomos siempre se habían encontrado con dificultades a la hora de determinar con exactitud la trayectoria de este planeta. Tycho deseaba resolver la cuestión, pues le resultaba preocupante que un proyecto de observaciones astronómicas tan ambicioso como el suyo, diseñado para servir de base a modelos planetarios mucho más precisos y complejos, no ayudara a superar el problema. Tycho estaba especialmente interesado en que Kepler se ocupara de esta cuestión empleando su propio sistema cosmológico, una combinación de los modelos ptolemaico y copernicano, al que se había referido por primera vez en un libro de 1588. Según este modelo, la luna y el sol giraban en órbita alrededor de la tierra, situada, inmóvil, en el centro; el resto de los planetas giraban alrededor del sol. Las trayectorias y movimientos relativos resultantes seguían siendo los mismos que en el sistema copernicano (esto si no tenemos en cuenta el problema de las estrellas fijas); eso sí, la órbita anual de la tierra alrededor del sol era reemplazaba por la equivalente órbita anual del sol alrededor de la tierra. Kepler resolvió el problema planteado por Tycho desarrollando modelos que podían adaptarse a los tres sistemas, ptolemaico, copernicano y tychonico, simplemente cambiando los marcos de referencia. Aun así, para Kepler sólo el sistema copernicano era el verdadero.

Esto que le había llevado tantos años de trabajo intenso resultó ser al final un logro extraordinario en muchos sentidos. En primer lugar, Kepler había sido capaz de desarrollar un modelo para Marte de una exactitud sin precedentes. Esto se pudo comprobar, al principio, mediante comparaciones con los datos de Tycho; posteriormente, las propias predicciones del modelo terminaron de confirmarlo. En segundo lugar, Kepler había decidido pasar por alto el antiguo postulado de la astronomía clásica, vigente tanto en la obra de Copérnico como en la de Tycho, según el cual las órbitas en los modelos astronómicos debían estar representadas por movimientos circulares uniformes. En tercer lugar, Kepler había desarrollado sus nuevas leyes sobre el movimiento de los planetas incorporando a su investigación el estudio de las causas *físicas* que podían generar tal movimiento.

Lo más novedoso de la solución propuesta por Kepler era, sin duda, que las nuevas órbitas planetarias adoptaban la forma de una elipse. Kepler conocía la geometría de la elipse, una de las secciones cónicas, por el tratado que el astrónomo y matemático griego Apolonio de Perga había escrito sobre esta materia. A pesar de que su

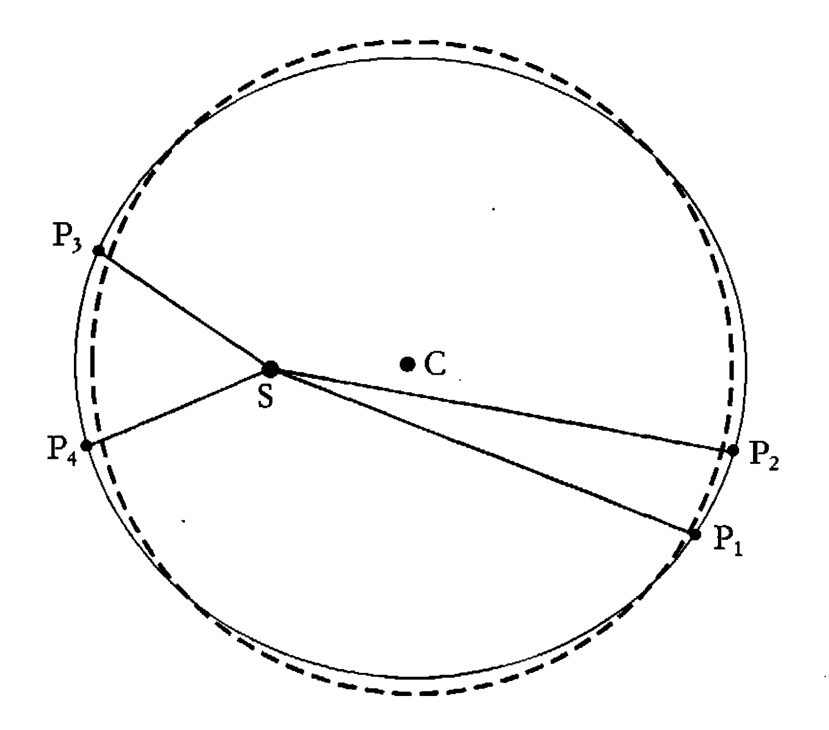


Figura 4.3. Ejemplo de órbita elíptica, según Kepler, donde se cumple su ley de las áreas. El planeta, P, describe una trayectoria elíptica, con el sol, S, situado en uno de los focos. La línea que une el planeta y el sol cubre una misma área en tiempos iguales, de manera que la distancia recorrida por el planeta cuando se aproxima al sol ($P_3 - P_4$) es mayor que la recorrida cuando se aleja ($P_1 - P_2$).

solución implicaba el abandono del círculo, Kepler, empeñado en descubrir la estructura matemática del universo, parecía satisfecho con el resultado. Las órbitas elípticas, además, presentaban otra característica interesante: el espacio recorrido por cada uno de los planetas, incluida la tierra, representado matemáticamente por el área ocupada de la elipse correspondiente, era una magnitud constante; es decir, se recorrían áreas iguales en tiempos iguales.

Otro aspecto relevante para Kepler era que había logrado solucionar el problema propuesto sin dejar de atender a la cuestión de por qué se mueven los planetas. Entre sus hipótesis se incluía la idea de que los planetas giran en sus órbitas impelidos por una fuerza motriz que emana del sol. También sugirió la posibilidad de que una

especie de atracción y repulsión magnéticas entre el sol y los polos de los planetas sirviera para explicar por qué las órbitas no eran perfectamente circulares. Citando expresamente a William Gilbert, Kepler se basó en su caracterización de la tierra como un imán gigante para explicar por qué los planetas se acercaban y se alejaban del sol a medida que completaban su recorrido. La idea de las esferas celestes ya no tenía sentido (el mismo Tycho la había descartado); los planetas en el modelo de Kepler atravesaban el espacio libremente.

No cabe duda, por tanto, de que la idea kepleriana de conocimiento de la naturaleza, incluyendo las matemáticas, estaba mucho más orientada hacia lo puramente filosófico que hacia lo funcional. Con todo, la práctica de las ciencias matemáticas mixtas también le hizo interesarse por los aspectos utilitarios del saber. Describir, por ejemplo, la función instrumental de la óptica en el ejercicio de la astronomía fue uno de sus motivos principales para, en 1604, publicar *Ad Vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditur* (*Añadidos a Vitelo, en los que se trata la parte óptica de la astronomía*)[17]. En este libro Kepler trata el tema de la imperfección de ciencias como la astronomía o la óptica cuando se las compara con el ideal demostrativo de la geometría. Sostiene, sin embargo, que los teoremas de la óptica deberían ser suficientes para cubrir las necesidades del astrónomo[18].

Conocer, hacer, y las matemáticas

Tradicionalmente, las matemáticas habían estado asociadas a actividades de carácter práctico como la topografía o la construcción de fortificaciones. Este tipo de tareas se incluía en el grupo de las denominadas «matemáticas mixtas», junto a otras como la astronomía o la mecánica. Estas dos últimas en particular eran especialmente relevantes. La astronomía, por un lado, había sido enormemente apreciada en Europa desde tiempos de la Edad Media por sus aplicaciones en la navegación, y en la astrología (sobre todo en relación con las artes curativas). Por otro lado, la mecánica se ocupaba, en general, de todo tipo de maquinaria (molinos de viento, o de agua,

---

[17] Vitelo fue un erudito polaco de finales del siglo XIII, autor de obras sobre óptica.

[18] Johannes KEPLER, *Ad Vitellionem paralipomena,* Frankfurt, 1604; facs. reprint Brussels, «Culture et Civilisarion», 1968, dedicatoria, pp. 2v-3r.

por ejemplo), pero se centraba especialmente en las llamadas *máquinas simples:* instrumentos o técnicas (como la palanca o las poleas) diseñadas para reducir el trabajo. En definitiva, el carácter práctico de las ciencias matemáticas y su vinculación al ámbito de lo artesanal eran innegables.

A lo largo de la segunda mitad del siglo XVI, algunos matemáticos, sobre todo en Inglaterra, empezaron a exigir que su disciplina dejara de ocuparse de cuestiones filosóficas (que interesaban a un número creciente de matemáticos académicos) y se centrara más en problemas de orden práctico. Así, en 1570 se publicó una nueva traducción al inglés de los *Elementos* de Euclides, con un prefacio escrito por John Dee de Mortlake. Dee aprovechó la ocasión para elogiar las distintas ramas de las matemáticas por su utilidad «in the Common lyfe and trade of men» («en la vida y oficio de los hombres»), una utilidad que quedaba reflejada en el gran número de profesiones donde las matemáticas desempeñaban un papel importante[19]. El propio Dee había tenido trato con una de ellas: la navegación. Por aquel entonces, la navegación y la cartografía compartían el mismo tipo de problemas: cuestiones (incluyendo el tema del magnetismo terrestre y la brújula) de carácter eminentemente matemático, que llenaban los libros de autores ingleses como Robert Recorde, Thomas Digges y Edward Wright, a principios del siglo XVII. La mayoría de estos autores escribía en inglés y no en latín. Al mismo tiempo, se presentaban a sí mismos como individuos interesados en un saber práctico, no contemplativo. Dentro de este género eran muy habituales los trabajos sobre técnicas topográficas, una actividad en auge en Inglaterra durante el siglo XVI, a raíz del control y toma de posesión, por parte de la Corona tras la Reforma, de lo que antes habían sido tierras comunales o propiedades de la Iglesia.

En conclusión, las matemáticas, habitualmente asociadas al ámbito de los tratados clásicos y a temáticas como la naturaleza formal de las demostraciones, presentaban ahora un lado práctico, computacional, operativo, muy diferente del carácter serio, filosófico, atribuido a la disciplina por académicos como Clavius. Al mismo tiempo, su marcada orientación práctica parecía coincidir con los nuevos intere-

---

[19] Véase John DEE, *The Mathematicall Preface to the Elements of Geometrie of Euclide of Megara,* intro. de Alien G. DEBUS, 1570; facs. reprint Nueva York, Science History Publications, 1975, página sexta (no numeradas).

ses defendidos por individuos como Bacon. No se trataba, sin embargo, de promover un tipo de conocimiento exclusivamente utilitarista: los esfuerzos de matemáticos como Galileo por atribuir a la disciplina un nuevo talante y prestigio filosóficos son una muestra del interés que había por defender la importancia de la contribución matemática al estudio de la naturaleza.

Capítulo 5

El mecanicismo: Descartes construye un univeso

Un mundo a la medida del filósofo

Como hemos visto, uno podía adoptar diferentes puntos de vista a la hora de determinar qué tipo de enfoque, filosófico, matemático, etc., era el apropiado para acometer un estudio de la realidad física. Ahora bien, también cabía hacerse la siguiente pregunta: ¿contaban los filósofos con la realidad *apropiada* para llevar a cabo estas investigaciones, es decir, una realidad capacitada para responder a todos sus interrogantes?

Por lo que parece, esta cuestión no preocupó demasiado a Francis Bacon. Tras negarse a discutir el tema de la divisibilidad de la materia, escribió que no deberíamos preocuparnos acerca de si los átomos son los constituyentes últimos de ésta, ya que, «aunque estos resultados fuesen verdaderos, no podrían contribuir mucho a aumentar las riquezas del hombre»[1]. Bacon no tenía problemas con el hecho de que algunas verdades sobre la naturaleza permaneciesen ocultas, ajenas a su filosofía natural. No le preocupaba que estas preguntas sin respuesta pudiesen afectar de algún modo al resto de información útil obtenida. Pero no todos estaban de acuerdo con su peculiar concepción de la filosofía natural, una concepción demasiado ligada a criterios funcionales y prácticos. Para otros sí era importante determinar en qué medida sus modelos de conocimiento abarcaban la realidad natural. Porque si no la abarcaban en su totalidad, su proyecto filosófico no sólo era parcial, y por lo tanto incompleto, sino también

---

[1] BACON, *Novum Organum,* I, 66, p. 58.

defectuoso y erróneo: al fin y al cabo, era imposible determinar si un tipo de causas desconocidas estaba contribuyendo a los efectos de las causas supuestamente conocidas.

Para los partidarios del enfoque matemático y funcional las alternativas principales eran dos: adoptar, como Bacon, una actitud pragmática (aprovechando cualquier tipo de conocimiento obtenido, y pasando por alto las preguntas sin respuesta), o proponer una concepción del mundo basada exclusivamente en aquello que un saber de corte matemático-funcional podía aspirar a conocer, *y nada más*. De entre los que adoptaron esta segunda alternativa, e intentaron construir un universo a la medida de sus ideales matemáticos, el más importante e influyente de todos fue el filósofo francés René Descartes.

Descartes nació en 1596, y fue educado en el prestigioso colegio jesuita de La Flèche, en el norte de Francia. Tras finalizar allí sus estudios en 1614, se graduó en derecho, en Poitiers. En 1618, formaba parte del ejército holandés del príncipe Mauricio de Nassau, como mercenario. En esta época, una trayectoria profesional de estas características no era nada inusual en un joven de buena posición como él; según escribió más adelante, estas experiencias le sirvieron para conocer mundo y tratar con gente diferente[2].

Una de las personas que Descartes conoció durante su estancia en los Países Bajos fue un profesor llamado Isaac Beeckman. Beeckman es una figura muy conocida entre los historiadores, pues su *Diario*, en el que se recogen muchas de sus originales ideas, ha sobrevivido hasta nosotros. En este *Diario* también se habla de su relación con Descartes, y de las virtudes intelectuales de éste. En concreto, se deja constancia del interés de Descartes por las ideas del propio Beeckman acerca de una posible explicación de los fenómenos naturales de carácter mecánico y a escala microscópica. Beeckman intentaba desarrollar una teoría acerca de las causas de los fenómenos físicos basándose en la idea de que la materia está compuesta por cuerpos minúsculos, o corpúsculos. Estos corpúsculos, según su forma, tamaño y

---

[2] Véase la versión del propio Descartes en la Parte I del *Discurso del método*. La edición empleada en la edición original inglesa es DESCARTES, «Discourse on the Method», en John COTTINGHAM, Robert STOOTHOFF y Dugald MURDOCH (eds.), *The Philosophical Writings of Descartes*, 3 vols., Cambridge, Cambridge University Press, 1985-1991. [Hay varias traducciones en castellano. Empleamos en esta edición: DESCARTES, *Discurso del Método. La Dióptrica, los Meteoros y la Geometría*, ed. y trad. de Guillermo QUINTÁS ALONSO, Madrid, Alfaguara, 1981.]

movimiento, constituirían las causas, a nivel microscópico, de los fenómenos visibles. Por ejemplo, según Beeckman, la atracción magnética podía explicarse como un proceso a dos tiempos de emisión de diminutos corpúsculos por parte del imán, seguida del desplazamiento en su dirección de los trozos de hierro, a consecuencia de la mecánica del impacto. Esta forma de corpuscularismo, según Beeckman vinculada a la doctrina clásica de los átomos, casaba muy bien con su vivo interés por las ciencias matemáticas tradicionales. Al interpretarlas como intentos por comprender el mundo físico, Beeckman atribuía a estas ciencias un valor enorme y un estatus privilegiado; por ello es considerado uno de los primeros defensores del término «física matemática»[3]. Su gusto por este tipo de explicaciones, incluyendo las basadas en los corpúsculos, de carácter más especulativo, se debía al hecho de que, para él, «describían los objetos sensibles como si los estuvieses viendo»[4]. Es decir, muy al estilo de Bacon, Beeckman era partidario de que las explicaciones físicas estuviesen formuladas según el lenguaje de los procesos mecánicos (cuerpos que se golpean y chocan unos con otros, por ejemplo), similares a los que caracterizaban la actividad de los artesanos; era importante también que durante estos procesos mecánicos, los objetos en cuestión, sus propiedades causales y las relaciones entre ellos, pudiesen representarse mentalmente de manera sencilla.

Descartes quedó sin duda entusiasmado con el enfoque filosófico de Beeckman, tras el encuentro de ambos en noviembre de 1618. Así lo recoge el diario del holandés: su nuevo conocido era uno de los pocos que apreciaban realmente la física matemática y sus posibilidades. En los años siguientes, Descartes hizo de la filosofía de la física matemática su sello de identidad. Al mismo tiempo, se empeñó en sistematizar sus planteamientos acerca de cómo obtener conocimientos con carácter de verdad (no sólo acerca de la naturaleza, sino acerca de la realidad entendida como un todo). Estas ideas aparecen reflejadas en su famosa obra de 1637, el *Discurso del método* (que incluía tres ensayos, «ilustraciones», de dicho método: la *Dióptrica,* la *Geometría*

---

[3] Véase capítulo 4, sección tercera.

[4] Isaac BEECKMAN, *Journal tenu par Isaac Beeckman de 1604 à 1634*, ed. de C. DE WAARD, 4 vols., La Haya, Martinus Nijhoff, 1939-1953, p. 206. Véase Stephen GAUKROGER, *Descartes: An Intellectual Biography,* Oxford, Clarendon Press, 1995, capítulo 3; especialmente una extensa cita en p. 71, de John Schuster sobre el criterio de inteligibilidad de Beeckman.

y los *Meteoros*). Antes de la publicación de este libro, Descartes había vivido un tiempo en París, rodeado de individuos con gustos filosóficos similares (generalmente anti-aristotélicos o, al menos, no-aristotélicos), como por ejemplo Marin Mersenne, Claude Mydorge y, cuando visitaba la ciudad, Pierre Gassendi. Pero en el año 1628, con el objeto de vivir algo más aislado, se había instalado en los Países Bajos. Llevaba residiendo allí varios años, por tanto, cuando su *Discurso* y sus «Ensayos» aparecieron publicados, a cargo de la casa editorial Elzevier, en la ciudad universitaria de Leiden[5].

El famoso «método», que Descartes hacía público por primera vez, consistía en fundamentar todas las teorías de las diversas ciencias sobre una base concreta: la certeza. A diferencia de Beeckman, Descartes no iba a referirse a las causas que gobiernan la realidad física de una manera hipotética o conjetural. Quería presentar razones que no pudieran ser cuestionadas. Exigía, por tanto, *certeza* y no meras *opiniones;* sus ideas iban a ser aceptadas exclusivamente por su *verdad,* no por su probabilidad de verdad, ni tampoco por su ingenio e inventiva.

De hecho, su enorme ambición le había llevado a pensar que él, Descartes, podía reemplazar a Aristóteles como el gran maestro de la filosofía. Así, envió a su antiguo colegio de La Flèche una de las primeras copias de su *Discurso,* a modo de regalo, con la intención de persuadir a los jesuitas, intelectualmente muy sofisticados, para que utilizasen sus escritos como parte del programa de estudios. Descartes no deseaba emular, al estilo humanista, a la autoridad preeminente de la antigüedad; quería *reemplazarla.* Y no era el único. En esta época, primeras décadas del siglo XVII, su postura no distaba mucho del anti-aristotelismo de Galileo, o de los trabajos de otro «creador de mundos» francés, Pierre Gassendi. Al igual que Descartes, Gassendi se negaba a aceptar la filosofía aristotélica; pero, a diferencia suya, dependía de la antigüedad clásica para sus modelos de investigación filosófica. A esto se debe que, preservando de algún modo todavía la perspectiva humanista, simplemente sustituyera la filosofía de Aristóteles por el atomismo de Epicuro, tras eliminar, eso sí, las connotaciones ateas de la teoría (Gassendi era sacerdote católi-

[5] Esta casa editorial publicó también, al año siguiente, la primera edición de las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (1638), de Galileo. La liberalidad de la legislación holandesa en cuestiones editoriales era bien conocida en esta época.

co). En contraste con esto, la actitud de Descartes, de total rechazo con respecto a la autoridad antigua, sí constituía una novedad, un verdadero cambio en las normas culturales de la época.

Garantizar la certeza absoluta para su filosofía no era una cuestión trivial. Los ataques contra el aristotelismo de las universidades, algo ya frecuente a principios del siglo XVII, habían generado una temible cantidad de estrategias y recursos argumentativos. Los más efectivos eran los del llamado escepticismo filosófico, estilo de pensamiento muy difundido sobre todo en la zona de Francia.

Para describir mejor este contexto, debemos remontarnos a las fuentes clásicas: los principales argumentos del escepticismo de finales del siglo XVI y principios del XVII eran en realidad adaptaciones de los argumentos originales del escepticismo griego. Entre esta fuentes clásicas, una de las más importantes la constituían los escritos de Sexto Empírico, escritor de la antigüedad tardía (*c.* 200 d. C.). Sexto, cuya doctrina era conocida como «pirronismo» (en honor al supuesto fundador del movimiento, Pirrón de Elis), había desarrollado numerosos argumentos en contra de la posibilidad de obtener un conocimiento cierto del tipo que fuera. Estos argumentos eran de dos clases.

Por un lado, sostenía que el conocimiento obtenido a través de los sentidos carece de certeza absoluta porque, como bien han demostrado los diferentes tipos de ilusiones ópticas, los sentidos pueden llevarnos a error. La consecuencia es que no podemos estar seguros de la verdad de nada conocido a través de nuestros sentidos, pues éstos nos podrían estar engañando constantemente. Ahora bien, según Sexto, en la mayoría de las situaciones normales no es *probable* que nos suceda esto. Su argumento no gira en torno a esa cuestión; se centra más bien en deslegitimar las pretensiones de filósofos dogmáticos como Aristóteles, que se creían capaces de proporcionar a la filosofía el tipo de demostraciones y pruebas propias de las matemáticas.

Por otro lado, Sexto consideraba que la razón humana tampoco era capaz de generar conocimiento cierto, ni siquiera mediante las deducciones matemáticas. Para demostrarlo, se dedicó a cuestionar ciertas pruebas formales de las matemáticas, pruebas del estilo de las empleadas por Euclides en su gran obra *Elementos*. Imaginemos, sugiere Sexto, que estudiamos paso por paso el argumento de una prueba deductiva de la geometría, con la intención de comprobar que la conclusión se deriva de las premisas iniciales. Los hombres,

señala, no poseemos un razonamiento perfecto: a la hora de comprobar esta supuesta prueba podríamos tomar como verdadera una inferencia que en realidad es falsa. ¿Cómo evitar este tipo de errores? Una opción sería comprobar la prueba repetidas veces, pero es obvio que el mismo error podría cometerse una y otra vez. En definitiva, según Sexto, de ninguna manera estaríamos absolutamente seguros de la validez de la prueba. De nuevo, su objetivo aquí era demostrar que los filósofos convencidos de la certeza de sus postulados en realidad carecían de justificación para estarlo. En conclusión, Sexto era partidario de poner en duda todo tipo de conocimiento acerca de todo tipo de cuestiones.

Recordemos ahora, de nuevo, el ambicioso plan de Descartes: reemplazar ni más ni menos a una figura de la filosofía tan crucial como Aristóteles, cuyas obras se estudiaban en todas las universidades de Europa. A primera vista, lo menos que podía hacer el autor de una nueva filosofía que aspiraba a tal privilegiada posición era ser capaz de protegerla de las mismas críticas que, desde hacía un tiempo y como parte del esfuerzo por debilitar su dominio, acosaban al pensamiento aristotélico. Muchas de estas críticas provenían, precisamente, del escepticismo pirrónico, según el cual la supuesta certeza de las conclusiones aristotélicas no era más que una ilusión. Descartes, por tanto, al igual que otros autores, sabía que debía proteger su filosofía de este tipo de ataques; pero no era fácil determinar cómo: al fin y al cabo, ninguna doctrina parecía inmune a las críticas del pirronismo sobre la falibilidad de los sentidos y la razón. El problema, además, era que estos ataques no se centraban en una cuestión concreta (como, por ejemplo, el supuesto lugar ocupado por la tierra en el universo), sino que se extendían a todo tipo de afirmación de verdad de carácter absoluto.

En el corpuscularismo físico-matemático de Isaac Beeckman, Descartes creyó hallar el tipo de filosofía natural que buscaba. Se trataba, según él, de una teoría mejor que todas las demás. Superaba, incluso, a la filosofía natural de Aristóteles, pues a diferencia de éste, Descartes había logrado fundamentar sus ideas en una certeza absoluta. Su estratagema, expuesta por primera vez en el *Discurso del método,* consistía en convencer al lector de que el universo está compuesto únicamente por aquello que las magnitudes matemáticas pueden cuantificar, y que las explicaciones causales de cualquier fenómeno se pueden derivar de los principios mecánicos que rigen tal universo.

Mediante esta estrategia, Descartes intentaba que una filosofía de la naturaleza basada en criterios funcionales pudiese parecer una filosofía natural completa, sin cabos sueltos.

Acceder a la mente de Dios

Sin la idea de Dios, el extraordinario proyecto cartesiano no habría sido posible. Descartes necesitaba escapar del escepticismo pirrónico si quería hablar con propiedad y certeza acerca del contenido del mundo y las maneras de referirse a él. Pero, como ya hemos visto, no era realmente posible *refutar* el pirronismo. Sus argumentos afectaban de tal manera a la base de cualquier razonamiento que funcionaban hasta con las propias refutaciones en su contra. Empeñado en convencer a sus lectores sobre la verdad de sus afirmaciones, Descartes se vio obligado a cambiar de estrategia.

La nueva estrategia que adoptó es por todos conocida: consistía en invitar al lector a pensar juntos un problema, a fin de convencerle de la verdad del argumento principal. Se evitaba, por tanto, un razonamiento de tipo formal, el objetado por los escépticos. Es más, en lugar de disputar con estos últimos, se sirvió de su enfoque como punto de partida: Descartes comienza el *Discurso del método* preguntándose cómo podemos estar seguros de algo. Insiste, además, en lo sencillo que resulta encontrar razones para dudar, algo que los escépticos habían descubierto hacía tiempo. Pero, a diferencia de éstos, decide afrontar el problema desde la perspectiva opuesta y se plantea lo siguiente: ¿qué conocimientos conservaríamos si decidiésemos rechazar, como falso, todo aquello que generara cualquier tipo de duda, por nimia que fuese?

Consideraciones de este tipo le llevaron a descartar por completo toda evidencia sensorial, e incluso las verdades de las matemáticas. ¿Había algo que no fuese cuestionable? Descartes cuenta al lector cómo descubrió algo sobre lo que no era posible dudar: su *propia existencia*. «Pienso, luego existo» (*je pense, donc je suis* en el texto francés, o *cogito ergo sum,* en su trabajo de 1641 en latín conocido como las *Meditaciones*)[6]. Descartes había hallado, por fin, una verdad

---

[6] Sobre la noción de «átomos de la evidencia», véase Marjorie GRENE, *Descartes,* Minneapolis, University of Minnesota Press, 1985, p. 54.

incuestionable. Pero, ¿qué se derivaba a partir de ella? Aquí es donde la idea cartesiana de Dios entra en juego. Siendo consciente de sí mismo (a estas alturas el lector también debía serlo), Descartes era consciente, al mismo tiempo, de su propia imperfección; después de todo, un ser perfecto no podría albergar tantas dudas. Según esto, el concepto de imperfección era claramente el inverso del concepto de perfección; además, el primero presuponía al segundo. Por tanto, se pregunta Descartes, ¿de dónde procedía su propio concepto de perfección? Su respuesta es que no podría haber adquirido tal concepto de algo que no fuese perfecto, de la misma forma que no se puede producir algo a partir de la nada; o como razonó, de manera más formal, en las *Meditaciones:* una causa no puede ser menos que el efecto que produce[7]. Él mismo no puede ser dicha causa, porque claramente no es perfecto. Por tanto, debe provenir de algo fuera de él mismo que sí *es* perfecto. De esta manera, Descartes establece la existencia necesaria de un Dios perfecto.

La perfección de Dios implica, además, que Él no nos engañaría con respecto a todo aquello percibido de manera «clara y distinta» (como, por ejemplo, ser consciente de la propia existencia), puesto que tal predisposición al engaño constituiría una imperfección. Por tanto, Descartes concluye, las ideas percibidas de manera clara y distinta han de ser verdaderas. Ésta es su manera de refutar el escepticismo filosófico[8].

A continuación Descartes se concentra en la física, de gran interés para él. Después del razonamiento metafísico anterior, y tras haber establecido un criterio de verdad para sus ideas, Descartes lo aplica a la cuestión de la materia. La materia y sus propiedades eran temas centrales para el tipo de explicaciones que había propuesto Beeckman, y que Descartes ahora también defendía. Así, lo primero que se asumía acerca de la materia es que ésta es *inerte,* es decir, que no muestra la tendencia a moverse por sí misma. Por tanto, la única manera de lograr que se moviera consistía en aplicarle una fuerza motriz externa.

Por otro lado, el tema de la presencia, en un cuerpo, de propiedades sensoriales como el color o la temperatura era motivo de polémica entre Descartes y los aristotélicos. Para estos últimos, las propie-

---

[7] Ésta era, de hecho, una máxima filosófica escolástica muy conocida, por lo que Descartes tenía motivos para suponer que la gente la aceptaría.

[8] Todo esto aparece en el *Discurso del método,* Parte 4.

dades eran algo real poseído por los objetos en las que se manifestaban: por ejemplo, un vestido rojo era rojo porque poseía la propiedad del rojo, del mismo modo que un hombre era rico porque poseía riquezas o el fuego era caliente debido a la gran cantidad de calor contenida en él, etc. Descartes no aceptaba este punto de vista, y sostenía en cambio que ese tipo de propiedades no eran sino impresiones de carácter psicológico en la mente de la persona que las observaba. Esta hipótesis ya la había explicado con anterioridad en un pequeño libro, *Le monde* (*El mundo*), escrito unos cuatro años antes, en francés (publicado, finalmente, sólo después de su muerte)[9]. En el primer capítulo de ese libro había descrito tales fenómenos basándose en el significado convencional de las *palabras:*

> «Es bien sabido que, pese a no tener las palabras ninguna semejanza con las cosas que significan, no dejan de hacérnoslas concebir —a menudo incluso sin que reparemos siquiera en el sonido de las palabras o en sus sílabas— [...] ¿Por qué la Naturaleza no podrá ella también haber establecido algún signo que nos haga tener el sentimiento de la luz, aunque dicho signo no tenga nada en sí que sea semejante a este sentimiento? ¿Y no es así como la Naturaleza ha establecido la risa y las lágrimas para hacernos leer la alegría y la tristeza en el rostro de los hombres?»[10].

El sonido de las palabras, según Descartes, provoca ciertos cambios, ciertos movimientos, en nuestro aparato sensorial, creando así en nuestras mentes las ideas que hemos aprendido a asociar con esos movimientos concretos. De manera similar, sostiene, nuestra sensación de la luz podría describirse como el resultado de ciertos cambios producidos en nuestros ojos, que la mente a su vez interpreta, pero de un modo inconexo, sin tener en cuenta las características o la esencia de aquello que los provoca. A continuación, Descartes deja a un lado

---

[9] *Le monde, ou le traité de la lumiere* fue publicado en 1664, catorce años después de la muerte de Descartes. Según queda recogido en una carta de la época, su motivo principal para no publicarlo en 1633 fue que acababa de recibir noticias de la condena de Galileo en Roma (por haber defendido la movilidad de la tierra, un aspecto integral en la visión del propio Descartes). En la edición original inglesa se emplea la siguiente traducción al inglés: René DESCARTES, *The World and Other Writings,* trans. de Stephen Gaukroger, Cambridge, Cambridge University Press, 1998. [Traducción en castellano: DESCARTES, *El Mundo o el Tratado de la Luz,* ed. y trad. de Ana RIOJA, Madrid, Alianza Editorial, 1991.]

[10] DESCARTES, *El Mundo,* pp. 81-82.

estos razonamientos de corte psicológico, y se centra en un breve ejemplo, mucho más claro, acerca de la diferencia entre nuestras sensaciones y la realidad más allá de ellas. Se basa en el sentido del tacto, el cual, sostiene, es de algún modo el más inmediato de todos. Su objetivo es mostrar que para explicar el proceso del tacto no es necesario hacer referencia a algún tipo de propiedad real fuera de nosotros mismos. El ejemplo es el siguiente: una pluma nos produce cosquillas. ¿Deberíamos afirmar que la pluma posee algo dentro de sí que *se parece* a esa sensación? Descartes razona de esta manera con el objeto de establecer una distinción formal entre referirse a una propiedad como algo que experimentamos o considerarla algo perteneciente a aquello que experimentamos. Lo hace así porque su intención es referirse a estas propiedades, o cualidades (en *Le monde,* en concreto, la luz) como algo que realmente es sólo una característica o propiedad, de los movimientos, o las tendencias al movimiento, de los cuerpos materiales.

Ya que el verdadero objetivo de Descartes era proporcionar una base filosófica sólida a su corpuscularismo físico-matemático, en *Le monde* pasa directamente de tratar cuestiones como las «ideas claras y distintas» y el papel de Dios como garante de su verdad, a centrarse en temas como la naturaleza de la materia. En concreto, su idea es mostrar que la materia posee únicamente las propiedades (y ninguna más) que su física puede tratar. Si lograba demostrar esto podía argumentar que la suya era una filosofía natural exhaustiva, capaz de explicarlo todo. En cualquier caso, ¿qué es la materia, según Descartes? La única idea clara y distinta que poseemos acerca de un objeto material cualquiera es su extensión espacial. Si imaginamos un objeto, por ejemplo, podemos imaginarlo de un determinado color, de una determinada forma, temperatura, etc., pero lo que no podemos dejar de atribuirle es la propiedad de que ocupa un lugar en el espacio. Por lo tanto, ya que ésta es la única idea verdaderamente clara y distinta acerca de lo que un objeto *es* (es decir, la única idea cierta acerca de lo que constituye la naturaleza de un objeto), la extensión geométrica ha de ser entonces aquello que define la materia en sí misma. Por decirlo en el lenguaje aristotélico que Descartes prefería evitar, la extensión geométrica constituye la *esencia* de la materia.

La física del *Discurso del método* era sólo un resumen de lo que Descartes desarrollaría a partir de *Le monde.* La publicación completa de todos los argumentos se demoró hasta la aparición, en 1641, de las *Meditaciones*, centradas en el problema de fundamentar metafísi-

camente su postura, y de los *Principios de la filosofía,* en 1644, que es una versión ampliada y sistematizada de *Le monde*. Siguiendo con nuestro repaso acerca del esfuerzo cartesiano por construir un mundo, a continuación nos centraremos en las ideas principales de estas dos obras.

La materia en movimiento

Al identificar la sustancia material con la extensión geométrica, Descartes impuso una restricción fundamental al tipo de mundo que podía construir. Estaba defendiendo que espacio y materia eran *idénticos:* que donde estaba uno, necesariamente estaba el otro, puesto que se trataban de *lo mismo*. Como consecuencia de esto, el universo cartesiano no podía contener espacios vacíos, porque no podía existir algo así; se trataba de algo *inconcebible* (y por inconcebible, no existía). La cosmología cartesiana, por tanto, presentaba desde el principio una serie de propiedades que tenían consecuencias muy concretas. Fue a base de identificar y comprender estas consecuencias como Descartes construyó su universo.

Tanto en *Le monde* como en los *Principios de la filosofía*[11], Descartes relata una historia ficticia acerca de la creación y posterior evolución de un mundo imaginario. La idea de presentar dogmáticamente una historia así pero referida al universo real, el nuestro propio, habría generado dificultades de carácter teológico. Por ello Descartes equipara su descripción del universo a una fábula: la historia de cómo un mundo parecido al nuestro podría haber empezado a existir (Descartes tiene la prudencia de dejar muy claro que el universo real nuestro, tal y como lo conocemos, es creación de Dios)[12]. Esta descripción tiene muy en cuenta las propiedades de la materia derivadas a partir de la definición antes detallada: Descartes comienza haciendo referencia a una extensión pura, sin límites, igual que una materia indiferenciada. Esto en sí mismo, por supuesto, cons-

---

[11] *Principia philosophiae,* 1644, compuesto en latín; *Principes de la philosophie,* traducción francesa aprobada por Descartes, en 1647. [Tradución en castellano: DESCARTES, *Los principios de la filosofía,* ed. y trad. de Guillermo QUINTÁS, Madrid, Alianza Editorial, 1995.]

[12] DESCARTES, *El Mundo,* capítulos 6 y ss. Véase también una afirmación similar en la Parte III, p. 45, de los *Los principios de la filosofía.*

tituiría un mundo muy poco interesante, en el que nada sucedería, donde no existirían las entidades individuales. Se requiere la intervención divina: Dios debe imprimir movimiento a la materia.

Esta perturbación inicial pone todo lo demás en funcionamiento. Ya que no hay una diferencia cualitativa entre una región del espacio/materia y otra, Descartes sostiene que la única manera de obtener algún tipo de diferenciación entre distintas secciones depende de los movimientos relativos entre ellas. Más aún, se atreve a sugerir qué clases de movimiento tenderán a generarse bajo tales circunstancias. Su argumentación es la siguiente. Ya que la materia es equivalente al espacio, necesariamente es incompresible: si intentaras comprimir un cuerpo, un determinado volumen de materia, al hacerlo más pequeño (reduciendo el tamaño de una esfera, por ejemplo) se formaría al mismo tiempo un volumen de espacio igual al volumen de materia comprimida. El cuerpo resultante estaría constituido por una cantidad de materia menor (porque ocuparía una región de espacio menor), mientras que el resto de materia perdida existiría aún, adoptando la forma del volumen de espacio resultante de la compresión.

Debido a que la materia no puede comprimirse, por tanto, el movimiento de cualquier cuerpo material siempre requerirá que el cuerpo adyacente se mueva también. Para que esta porción de materia adyacente, a su vez, se mueva, será necesario que otro cuerpo equivalente se haya movido; y así indefinidamente. Según Descartes, la única manera de modelar este tipo de movimiento (dejando a un lado la hipótesis de contar con una sucesión infinita de cuerpos, moviéndose uno para dejar paso al otro) es imaginar que la sucesión de cuerpos se une a sí misma formando una especie de círculo, como el movimiento del agua en un remolino (*vórtice*).

El movimiento explicado en términos de vórtices es uno de los elementos centrales de la física cartesiana. Este planteamiento convertía las ideas de Descartes en un proyecto empíricamente plausible. Tycho, al igual que Kepler, había rechazado la idea de unas esferas celestes físicamente reales, portadoras de los planetas a lo largo de sus órbitas. Sin embargo, así como Kepler había proporcionado un modelo dinámico muy elaborado, Tycho no había propuesto ninguna alternativa que explicara el movimiento de los cuerpos celestes[13]. Descartes contaba con una alternativa, intuitivamente mucho

[13] Véase capítulo 4, sección tercera.

más atractiva que el modelo de Kepler: un movimiento giratorio de materia fluida que arrastrase los planetas alrededor del sol (del mismo modo que los cuerpos en el agua giran dentro de un remolino) serviría como punto de partida para una explicación de la dinámica celeste.

Antes de entrar de lleno en esta cuestión, deberíamos centrarnos primero en cómo concebía Descartes el estatus cognitivo de su propio sistema del mundo, es decir, qué tipo de conocimiento esperaba generar a partir de él. ¿Se trataba de un conocimiento de carácter hipotético acerca del mundo real (o de un mundo imaginario), o estaba basado en unos fundamentos de tal modo incuestionables que *debía* corresponder al modo de ser de nuestro mundo, puesto que éste *no* podría haber sido diferente? La respuesta de Descartes vuelve a confirmar su firme compromiso con las explicaciones de corte físico-matemático. El párrafo con el que concluye la Parte II de los *Principios de la filosofía* comienza así:

> «No acepto principios en Física que no sean aceptados en Matemáticas con el fin de poder probar mediante demostración todo lo que de ellos deduciré; estos principios bastan en tanto que todos los fenómenos de la naturaleza pueden ser explicados por medio de ellos»[14].

A continuación, Descartes aclara qué quiere decir cuando sostiene que sus explicaciones son «matemáticas»; una vez más, todo depende de su concepción de la naturaleza de la materia:

> «Nada expongo en este lugar relacionado con las figuras ni cómo a partir de sus infinitas diversidades acontecen en los movimientos innumerables diversidades; todas estas cuestiones podrán ser bastante comprendidas por ellas mismas cuando sea el momento de hablar de ellas. Además, supongo que mis lectores conocen los elementos de la geometría o, por lo menos, poseen el espíritu necesario para comprender las demostraciones de la matemática. Confieso francamente en este lugar que no conozco otra materia de las cosas corpóreas que la que es divisible, configurable y móvil en toda suerte de formas, es decir, la que los geómetras llaman cantidad y que toman por objeto de sus demostraciones; y no considero en esta materia otra cosa que sus

[14] DESCARTES, *Los principios de la filosofía*, II, 64, p. 119.

movimientos, sus figuras y sus divisiones; finalmente y en lo tocante a esto, nada deseo aceptar como verdadero sino lo que sea deducido de estas nociones[15] con tanta evidencia que pueda tener el rango de una demostración matemática. Y puesto que se puede dar razón de esta forma, de todos los fenómenos de la naturaleza, tal como se podrá juzgar a partir de lo que sigue, no creo que se deban asumir otros principios en la Física, ni que exista razón para desear otros que los que aquí son explicados»[16].

Su modo de razonar, en definitiva, incluso en relación con los fenómenos físicos, es «matemático» por el hecho de que comparte la claridad y la solidez de las demostraciones matemáticas, y no incluye nada que los propios geómetras no incorporen a sus demostraciones. Esto es así porque, para Descartes, nada excepto el comportamiento de la materia definida matemáticamente constituía un fenómeno físico; en su mundo no existía nada más.

En realidad, por supuesto, existía mucho más que todo esto. La propuesta cartesiana sobre la relación entre, por un lado, las propiedades percibidas y, por otro, las propiedades como cualidades de los objetos físicos (sección primera) constituía un aspecto preparatorio de su argumento principal. Para que su teoría sobre la realidad fuese convincente, Descartes debía despojar a las entidades físicas de todas sus características cualitativas, es decir, aquellas que conforman nuestra experiencia del mundo (los colores, los sonidos, los sabores, los olores, etc.) para reinterpretarlas, estas características, no desde la perspectiva del mundo físico exterior, sino desde la perspectiva de nuestra propia percepción humana. De esta manera, Descartes podía argumentar que los correlatos en el mundo exterior de estas propiedades o cualidades de los objetos no guardarían ningún parecido con nuestras correspondientes experiencias de ellas (a menos que este parecido fuese de carácter puramente «matemático», como en el caso de la forma o el tamaño de un cuerpo). Descartes podía así proporcionar todo tipo de explicaciones, como por ejemplo la que hace referencia a los colores: éstos se describirían en función de los índices relativos de rotación presentados por los diminutos glóbulos mate-

---

[15] Estas «nociones», como en el caso de Euclides, son los postulados básicos, aceptados universalmente, a partir de los cuales se derivan las demostraciones matemáticas (que sustentan proposiciones, intuitivamente obvias, como «Las cosas iguales a una misma cosa son también iguales entre sí»).

[16] DESCARTES, *Los principios de la filosofía*, II, 64, pp. 119-120.

riales que sirven para trasmitir la presión recibida por nuestros ojos (que nuestra mente experimenta como sensaciones de color)[17]. En conclusión, los colores propiamente dichos existían únicamente en nuestras mentes; todo lo demás no eran sino cantidades.

Si Descartes quería, por tanto, hacer desaparecer las propiedades del mundo físico tenía que designar un lugar no-físico donde reubicarlas: la mente humana. Así, describió la totalidad de lo existente como algo compuesto por dos tipos de substancias: el primero era la materia/extensión, que constituía el mundo natural, y el segundo era lo que él denominaba, en latín, *res cogitans,* la «sustancia pensante». Este segundo tipo de sustancia se caracterizaba únicamente por su capacidad para pensar y, en el caso del ser humano, complementaba al cuerpo físico, desempeñando el papel del alma. Un alma que, según Descartes, debido a la diferencia categórica entre la *res cogitans* y el mundo material, existía independientemente del cuerpo. Una de las consecuencias más importantes es que, por este motivo, el alma no moría con el cuerpo: era inmortal.

Esto en lo que concierne al ser humano. Los animales, por el contrario, carecían de alma, y debían ser concebidos como autómatas muy bien construidos, entes mecánicos muy elaborados. En realidad, el cuerpo humano también era concebido como una máquina de este tipo, a pesar de albergar un alma inmaterial, sin extensión, e inmortal. Al igual que muchos otros filósofos en este período, Descartes estaba muy interesado en la medicina y los problemas vinculados a la prolongación de la vida, y por ello dedicó muchos esfuerzos a describir el cuerpo humano y a comprender sus operaciones desde una perspectiva mecanicista.

En relación también con este interés por las cuestiones médicas, Descartes escribió sobre un tema muy popular en esta época: las «pasiones del alma». Su libro sobre esta materia, publicado en 1649, fue fruto de la extensa correspondencia que mantuvo con una aristócrata admiradora suya, la princesa Isabel de Bohemia. A lo largo de este intercambio de misivas, en el que Descartes ejerció de consejero médico, Isabel llegó a plantear duras críticas al proyecto cartesiano[18]. Fue esta combinación de debates filosóficos, por un lado, y

---

[17] Descartes trata esta cuestión en la *Dióptrica,* uno de los ensayos que acompañan al *Discurso del método.*

[18] Una buena edición inglesa de esta obra es René DESCARTES, *The Passions of the Soul,* ed. y trans. de Stephen VOSS, Indianápolis, Hackett, 1989. Los escritos sobre fisio-

su interés por aconsejar a la princesa sobre modos de combatir la depresión, por otro, lo que llevó a Descartes a desarrollar una teoría sistemática acerca de las maneras en que la mente se ve afectada por el estado del cuerpo (y viceversa). En este contexto, la expresión «pasiones del alma» hacía referencia precisamente a estas maneras en que el alma, o la mente, se veía afectada «pasivamente» por las condiciones corporales; estas pasiones eran lo opuesto al control «activo» del cuerpo mediante el ejercicio de la voluntad. Descartes destacó modos de atenuar las pasiones, como, por ejemplo, caracterizar las emociones en términos de estados fisiológicos e intentar hallar remedios para mejorarlos. A todo esto, el cuerpo humano donde se producían estas condiciones seguía siendo, en principio, inteligible desde una perspectiva mecanicista.

En conclusión, la materia inerte, activa y en movimiento gracias a la intervención divina, agotaba los contenidos tanto de la filosofía natural de Descartes como del universo al que éste hacía referencia, mientras que el resto de fenómenos asociados al mundo físico quedaban reconvertidos en aprehensiones propias de la *res cogitans*.

El universo de Descartes a través de analogías

Para los contemporáneos de Descartes, e incluso para sus seguidores posteriores (hasta bien entrado el siglo XVIII), la importancia y el atractivo de su filosofía natural no se debía tanto al hecho de, en principio, estar fundamentada sobre verdades necesarias, sino más bien al talante de las explicaciones que podía generar. En efecto, Descartes había diseñado un sistema muy poderoso para explicar todos y cada uno de los fenómenos naturales, un sistema lo suficientemente interesante como para atraer la atención de aquellos que interpretaban sus ideas más como conjeturas que como verdades.

La filosofía natural cartesiana se adecuaba especialmente bien a todo tipo de intuiciones derivadas a partir de la experiencia con la realidad y el trato con el mundo. En sus escritos sobre física, por ejemplo, Descartes recurría a innumerables analogías, basadas en situaciones cotidianas, para ilustrar y hacer más creíbles las explicaciones mecanicistas que ofrecía sobre fenómenos aparentemente no

---

logía más importantes de Descartes son el *Tratado sobre el hombre* y la *Descripción del cuerpo humano*.

mecánicos. Así, la luz y el color, por citar algunos, según eran tratados en la *Dióptrica,* quedaban reducidos, respectivamente, a la presión en un determinado medio y a la rotación de diminutos glóbulos de materia.

En la concepción del mundo que había presentado en *Le monde,* los fenómenos ópticos jugaban un papel fundamental. El título completo del libro era *Le monde, ou le traité de la lumiere,* esto es, *El mundo, o tratado sobre la luz.* Es debido a su interés por el tema de la luz por lo que Descartes iniciaba esta obra con la discusión sobre los sentidos que hemos descrito antes. Por un lado, estaba interesado en describir el mundo tomando como punto de partida el comportamiento de la luz. Por otro lado, requería que esta descripción del mundo se basara en ciertas hipótesis sobre la noción de materia y movimiento. Necesitaba, por tanto, unificar los dos enfoques. Persuadiendo al lector sobre el hecho de que el fenómeno de la luz podía explicarse en su totalidad haciendo referencia a objetos que en sí mismos no poseían propiedades luminosas de ningún tipo, Descartes podía pasar a hablar en términos de paralelismos entre los diferentes comportamientos de la luz experimentados y el comportamiento de los cuerpos materiales, conceptualizados de manera independiente.

El uso de analogías mecánicas para expresar una idea determinada es recurrente a lo largo de *Le monde,* pero quizás el ejemplo que mejor ilustra este recurso proviene de una obra posterior ya mencionada, la *Dióptrica.* En esta ocasión, Descartes trata de hacer plausible la idea de que la visión, el sentido de la vista, funciona de manera análoga a la percepción del mundo lograda por un hombre ciego que usa un bastón. Se trata, en esencia, de una especie de presión, en este caso ejercida sobre el ojo, cuya captación es experimentada como luz por parte de nuestras mentes. La visión se obtiene mediante la acción producida por el objeto visto, una acción que se distribuye en todas las direcciones. Aquí Descartes recurre a una nueva analogía: una tinaja de uvas. El peso del líquido que llena los huecos entre las uvas ejerce cierta presión sobre las paredes de la tinaja. Dicha presión, resultado de la acción de todo el líquido en su conjunto, se distribuye de manera uniforme. Por tanto, todo el líquido contribuye a la presión en cualquier punto de las paredes de la tinaja. El razonamiento de Descartes aquí es que la acción de la luz, al igual que la presión del vino, tiende a desplazarse en línea recta, proveniente de un cuerpo luminoso (él menciona el sol), y en todas las direcciones. Sin embargo, más que un movimiento en sí

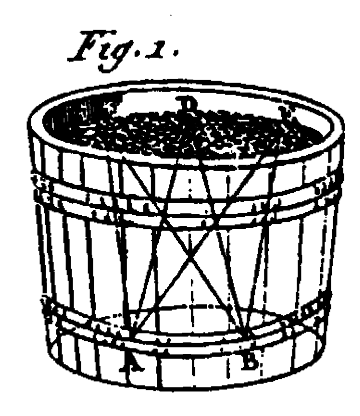


Figura 5.1. La tinaja de vino, de la obra de Descartes *Dióptrica.*

mismo, se trata de una *tendencia* al movimiento. Esta tendencia es transmitida a través del material que, ocupando el espacio entre nuestros ojos y la fuente de luz, actúa como medio, de la misma forma que el vino tiende a moverse hacia abajo debido a la acción ejercida por todo el conjunto de líquido. En ningún caso se produce un movimiento concreto, pero el resultado final obedece a las mismas leyes que gobiernan el movimiento. Practicando un orificio en algún lugar cercano a la base de la tinaja, la presión del vino se pone de manifiesto: el vino sale, sin importar la localización exacta del orificio. Esto demuestra que la *tendencia* al movimiento realmente se da en todas las direcciones de manera simultánea. Por tanto, a pesar de que los cuerpos no puedan, de hecho, moverse en todas las direcciones de manera simultánea, esto no implica que pierdan su tendencia a hacerlo.

La *Dióptrica* de Descartes es, de alguna manera, una obra inusual comparada con otros escritos suyos, pues en ella se emplean numerosas analogías parecidas a la anterior, de una manera claramente inconsistente e imprecisa, y sin la menor intención de exponer una explicación inequívoca acerca de cómo se comporta la luz y por qué. Esto se debe a que el texto está dirigido sobre todo a los artesanos; más concretamente, a la gente cualificada para pulir lentes con precisión. Descartes quiere obtener su ayuda de cara a la producción de una lente libre de aberraciones (esto es, una lente que concentre toda la luz en un mismo punto focal). A lo largo de sus amplias discusiones sobre cómo la luz se trasmite, se refleja y se

refracta, Descartes emplea, como decíamos antes, numerosas analogías, cuya función principal no es tanto demostrar la validez de los argumentos como transmitir intuitivamente sus ideas principales. Guiado de esta manera, y tras una explicación de la ley del seno de la refracción, presentada por primera vez en letra impresa[19], el lector se encuentra finalmente con la descripción detallada de un aparato de pulir lentes diseñado para producir superficies curvas (calculadas, a su vez, para generar imágenes sin aberración). Queda claro, por tanto, que Descartes en su texto no se está dirigiendo al filósofo, a quien sólo le interesa determinar si lo que se afirma es verdadero o falso, sino al artesano, aquel que técnicamente podría construir un aparato de tales características[20]. En definitiva, el propósito funcional, práctico, de este tratado sobre óptica es lo primordial; los detalles sobre la filosofía natural que lo sustenta son secundarios.

En parte, esto se debe a que la finalidad de los ensayos posteriores al *Discurso del método* era sobre todo hacer publicidad sobre las destrezas filosóficas de su autor, en lugar de exponer de manera sistemática sus teorías:

> «He pensado que me resultaría fácil seleccionar algunos temas que, sin estar sujetos a importantes controversias ni obligarme inicialmente a la publicación de los principios de mi filosofía (que no lo deseo) sin embargo me permitiesen presentar aquello que logro o no explicar en las ciencias»[21].

Con todo, el uso, por parte de Descartes, de analogías físicas tanto en sus escritos formales como en estas obras de carácter más ilustrativo, casi divulgativo, es muy similar. Es decir, tanto en *Le monde* (originalmente escrito para publicarse) como en los *Principios de la filosofía* y otros textos, los «principios» mismos son explicados, y hechos creíbles, gracias al uso de analogías parecidas[22].

---

[19] La ley se conoce como la Ley de Snell, en honor al holandés Willebrord Snell, que la derivó, sin publicarla, en 1621.

[20] Véase *Discurso del método,* final de la Parte VI.

[21] DESCARTES, *Discurso del método,* p. 53.

[22] Por ejemplo, el Grabado XIII de los *Principia philosophiae* hace referencia a la misma idea (las tendencias simultáneas en múltiples direcciones a la vez) explicada con el ejemplo de la tinaja de vino de la *Dióptrica.* En este caso, sin embargo, Descartes se sirve de imagenes de objetos materiales reales que transmiten luz.

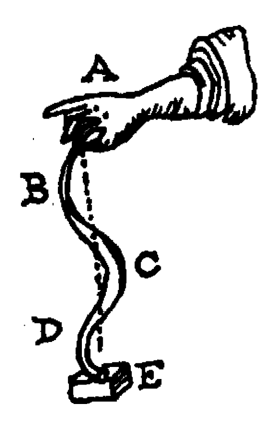


Figura 5.2. El bastón torcido y la transmisión de fuerza directa, de la obra de Descartes *El Mundo.*

En *Le monde,* por ejemplo, con el fin de explicar la posibilidad del movimiento circular en un mundo completamente lleno de materia incompresible, Descartes invita al lector a considerar

> «los peces en el pilón de una fuente: si no se aproximan demasiado a la superficie del agua, no la harán oscilar aunque pasen por debajo a gran velocidad. Luego parece claro que el agua que desplazan delante de ellos no desplaza indiscriminadamente todo el agua del pilón sino sólo la que puede servir mejor para completar el círculo de su movimiento y ocupar el lugar que ellos abandonan»[23].

En otra ocasión, para explicar su idea de cómo la luz proveniente del sol se transmite en todas las direcciones, Descartes recurre a analogías similares a las empleadas en la *Dióptrica.* Incorpora a esta explicación su modelo sobre la constitución de la extensión celeste, que hace de medio para la transmisión. Según Descartes, los cielos están compuestos principalmente por glóbulos de materia sólida, en contacto unos con otros, como piedras en un cubo. Estos glóbulos, que Descartes llama «segundo elemento», transmiten la presión que después nosotros percibimos como la luz. Descartes explica cómo los rayos de luz parecen moverse en línea recta, a pesar de que los glóbu-

---

[23] DESCARTES, *El Mundo,* pp. 92-93.

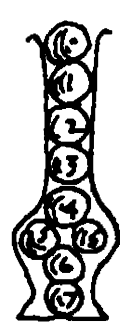


Figura 5.3. Acción transmitida por medio de glóbulos, en representación de partículas de segundo elemento, de la obra de Descartes *El Mundo.*

los que constituyen el segundo elemento no están distribuidos de forma lineal. Para ello recurre a otro ejemplo, el del bastón torcido. Cuando un extremo del bastón ejerce presión sobre el suelo, sostiene Descartes, la presión es transmitida hacia arriba hasta llegar a la mano, en el otro extremo. La dirección de la transmisión es por tanto una línea recta (a pesar de que el bastón está torcido). De la misma forma, puesto que la acción de la luz, o su tendencia al movimiento, se comunica a través de los glóbulos sólidos de segundo elemento, a pesar de la irregular disposición de éstos, el efecto final es en línea recta.

El estilo de Descartes fue el mismo incluso a la hora de discutir los principios más fundamentales de su física. Se suponía que tales principios, por el hecho de ser fundamentales, debían ser deducidos sin problemas a partir de su ya consolidada metafísica, pero, aun así, a Descartes todavía le pareció interesante intentar persuadir a sus lectores con ejemplos simples que integraran los postulados abstractos de la física con la experiencia cotidiana. Así, por citar un caso concreto, una de las «leyes de la naturaleza» cartesianas, tal y como la presenta en su tratado *Los principios de la filosofía,* según la cual «todo movimiento es rectilíneo; todo cuerpo que se mueve en círculo tiende sin cesar a alejarse del círculo que describe»[24], la explica haciendo referencia al dibujo de una mano que sujeta una honda y una piedra. «Por ejemplo, mientras la piedra A gira, ubicada en la

[24] DESCARTES, *Los principios de la filosofía,* p. 101.

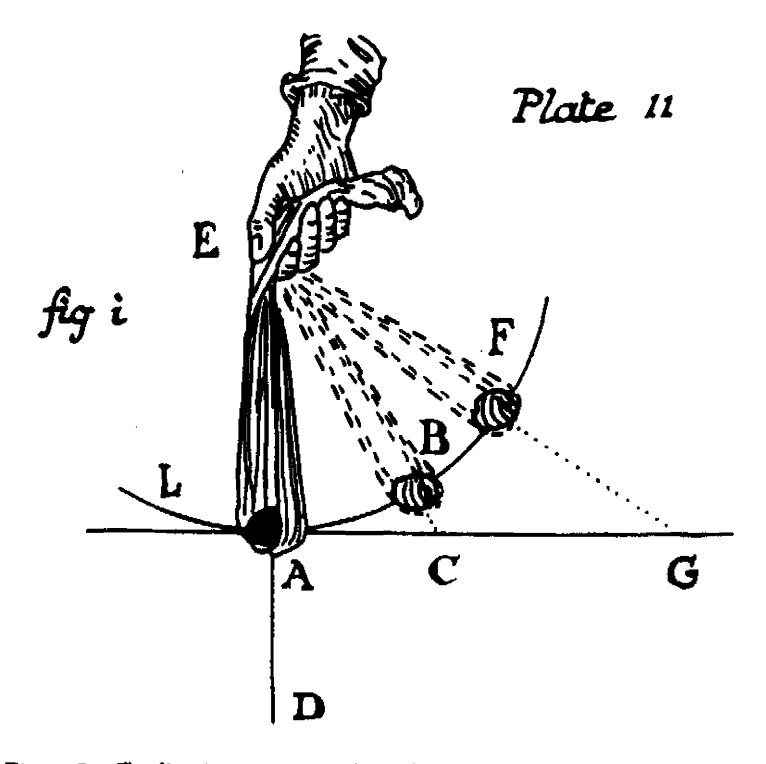


Figura 5.4. Explicación cartesiana de las fuerzas que actúan en el movimiento circular, de su obra *Los principios de la filosofía.*

honda EA, y al girar traza el círculo ABF, en el instante en que se encuentra en el punto A, está determinada a moverse hacia algún punto, a saber, hacia C, siguiendo la línea recta AC si se supone que es en tal punto donde es tangente al círculo». Esto es debido a que «no podemos concebir» que posea nada de su movimiento *circular* en el punto A; en este punto todo es una tendencia rectilínea hacia C. «Estamos seguros de ello por la experiencia, puesto que esta piedra avanza recta hacia C, cuando abandona la honda y no tiende a moverse en modo alguno hacia B»[25] (véase figura 5.4).

Las leyes y principios cartesianos, en definitiva, casi siempre venían acompañados de ejemplos de la experiencia mundana, en lugar

[25] *Ibidem.*

de únicamente estar basados en definiciones formales, y deducirse a partir de razonamientos complejos. Por citar un último ejemplo, Descartes incorporó a sus explicaciones sobre las leyes que rigen la materia en movimiento otros tipos de leyes, como la que describe la colisión entre dos cuerpos. Dicha ley sobre colisiones se deducía a partir del principio metafísico cartesiano de que Dios desea conservar la cantidad total de movimiento que Él mismo introdujo en el universo. Intentar explicar el movimiento de los cuerpos físicos haciendo únicamente referencia a un principio metafísico de estas características, sin la ayuda de ejemplos simples de carácter intuitivo, habría sido en vano. Si Descartes quería convencer a sus lectores de la verdad de sus leyes naturales debía mencionar, por tanto, situaciones, casos, temas, que éstos conocieran de antemano.

El universo cartesiano

El cosmos que Descartes describe en sus escritos, sobre todo en *Le monde* y en *Los principios de la filosofía,* es el resultado de su gran esfuerzo por intentar superar a Aristóteles en amplitud de miras y exhaustividad. Partiendo de una narración ficticia sobre la formación del universo, en *Le monde,* y tras describir cómo Dios había introducido el movimiento en él, Descartes establece que el cosmos está compuesto por enormes vórtices de materia. Uno de ellos es nuestro sistema solar (un sistema copernicano, recordemos). Según este enfoque, el sol es una ilusión generada por la presencia, en el centro de nuestro sistema, de un tipo de materia compuesta por partículas singularmente pequeñas, dinámicas y fluidas. El movimiento incesante de estas partículas (Descartes las denomina «primer elemento») genera una fuerza hacia fuera, una presión que, transmitida a través de los glóbulos sólidos que componen la materia celeste («segundo elemento»), es percibida como luz. Descartes también habla de un «tercer elemento»: sólidos más grandes, sin una forma característica, que constituyen la materia de la que están hechos los planetas, incluida la tierra, y los cometas. Esta restricción de los elementos a tres tipos la justifica Descartes haciendo referencia a la temática de la luz, de gran relevancia tanto en *Le monde* como en *Principios de la filosofía.* Si hay tres clases de elementos, sostiene, es porque la luz y la materia interactúan de tres maneras diferentes: los cuerpos pueden generar luz, pueden trans-

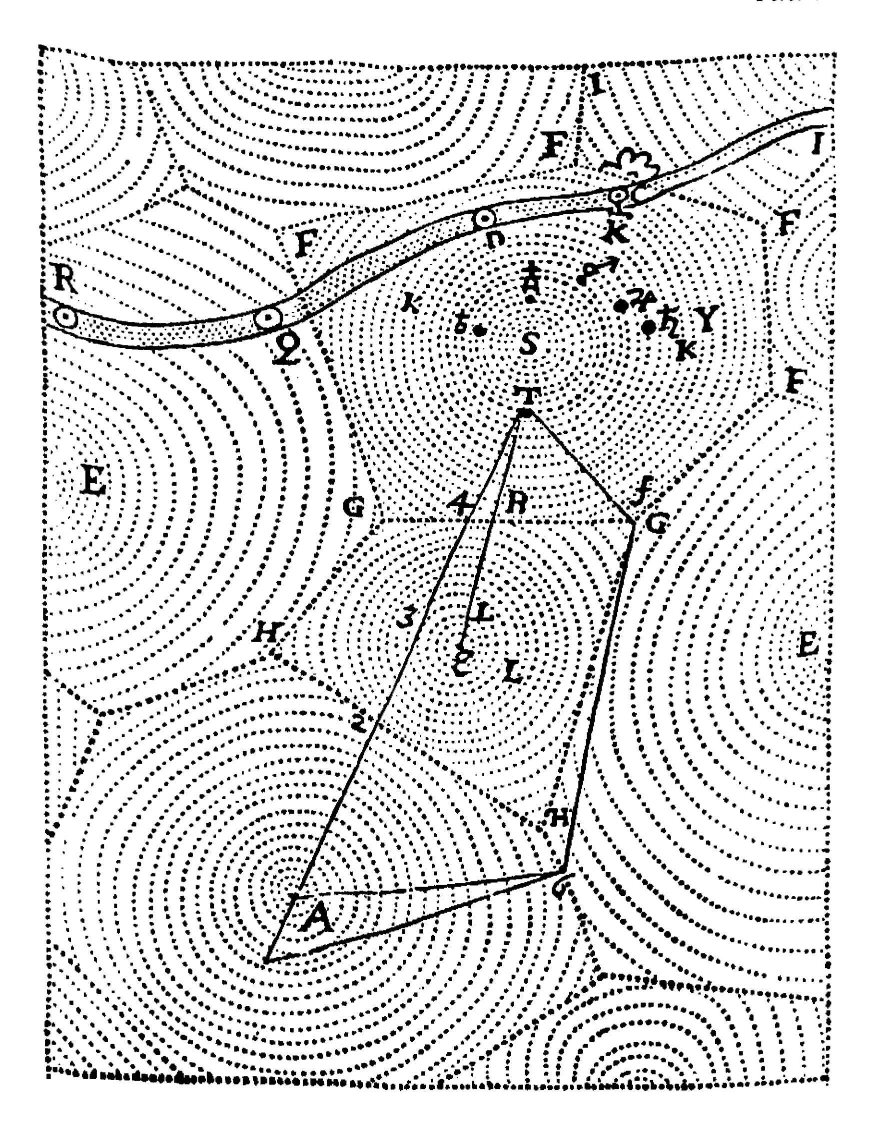


Figura 5.5. Vértices celestes, de la obra de Descartes, *El Mundo*.

mitirla y pueden reflejarla. A cada uno de los elementos le corresponde una de estas propiedades[26].

Según el modelo cartesiano, en nuestro particular vórtice solar los planetas, incluida la tierra, giran alrededor del sol. Hay innumerables vórtices semejantes repartidos por todo el universo: cada estrella que vemos en el firmamento es un sol en el centro de su propio vórtice. Defender que las estrellas eran soles, cada uno con sus planetas alrededor, es decir, plantear la posibilidad de que existieran innumerables mundos distribuidos en un espacio enorme, tal vez infinito, no era en absoluto una novedad. En la antigüedad algunos ya lo habían sugerido. En épocas más recientes, lo habían propuesto el cardenal católico Nicolas de Cusa, en el siglo XV, y, a finales del XVII, el famoso hereje Giordano Bruno, condenado a morir en la hoguera, en 1600, por sus teorías heterodoxas acerca de la Trinidad. Es importante señalar aquí que en tiempos y lugares más anticatólicos que el nuestro propio (durante el siglo XIX, por ejemplo), Bruno, al igual que Galileo, fue considerado una víctima del anti-intelectualismo católico; equivocadamente, su condena fue interpretada como una consecuencia de su heterodoxa cosmología[27].

Volviendo a Descartes, el posible contenido herético de sus ideas acerca de la extensión del universo, o la naturaleza de las estrellas, no parecía preocuparle tanto como el problema de la movilidad de la tierra, planteamiento contrario a la ortodoxia, como bien se había especificado durante el juicio a Galileo (algo que disuadió a Descartes de publicar *Le monde* en 1633). Sólo después de pensar un buen argumento (un truco, en realidad) para negar el movimiento de la tierra sin comprometer su propia cosmología, Descartes publicó, en los *Principios de la filosofía,* una versión más elaborada de la misma cosmovisión propuesta en *Le monde*. El truco se basaba en la temática de la relatividad del movimiento.

---

[26] Véase, por ejemplo, DESCARTES, *El Mundo,* capítulo 5. El fuego, por ejemplo, también es una manifestación del primer elemento agitado. Debido a que las partículas de segundo elemento en los cielos tienen una forma esférica determinada, y no existe el espacio vacío, los intersticios entre ellas están necesariamente llenos de materia (partículas de primer elemento, que se pueden amoldar a la forma de cualquier hueco). Estas partículas de primer elemento no producen luz porque no se agitan lo suficiente.

[27] Éste es el enfoque de John William DRAPER, *History of the Conflict Between Religion and Science,* Nueva York, 1874, y Andrew Dickson WHITE, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom,* Londres, 1896.

En el universo de Aristóteles todo tenía asignado un lugar. La diferencia entre un punto y otro se manifestaba a través del movimiento natural de las cosas. En este sentido, el centro del universo (el centro de una esfera) era un lugar especial, puesto que servía para definir cualquier tipo de desplazamiento: en dirección al centro, en dirección opuesta al centro, y alrededor del centro. Dónde se encontraba algo tenía su relevancia. El universo de Descartes, por otro lado, era un universo matemático, diseñado para ocupar el espacio definido por la geometría euclidiana. Para analizar este espacio y este universo Descartes contaba con una nueva técnica matemática, de su propia invención: la denominada (posteriormente) «geometría analítica», hecha pública por primera vez en 1637, en uno de los ensayos, *Geometría,* publicados junto al *Discurso del método*. La novedosa técnica consistía en representar las figuras geométricas de forma algebraica: se podía describir una curva, por ejemplo, o un determinado objeto, interpretando la proyección de sus líneas y superficies sobre un espacio definido por tres ejes perpendiculares (denominados x, y, y z, respectivamente). Así, un círculo de radio r podía representarse como una curva en el plano xy, definida por la ecuación $x^2 + y^2 = r^2$ (en este caso concreto, el centro del círculo se sitúa en el origen, por ejemplo, el punto donde el eje x y el eje y se cruzan).

La idea cartesiana de que un espacio de infinita extensión proporcionaba la estructura al cosmos podía describirse de la misma forma. Se trataba de un espacio representable, en principio, mediante tres ejes ortogonales; y el origen de estos tres ejes podía ser *cualquier* punto. A esto se debe que el universo cartesiano careciera del carácter absoluto del universo aristotélico, cuyo centro (además de los ejes de rotación de las esferas celestes) era el único punto de referencia para determinar distancias y trayectorias. En el universo cartesiano el movimiento era algo real pero no algo absoluto (por ejemplo, medible con respecto a un único marco de referencia). De hecho, Descartes caracterizaba el movimiento de un cuerpo en función de la materia a través de la cual se desplazaba. El movimiento, escribe en los *Principios de la filosofía,* «es la traslación de una parte de la materia o de un cuerpo de la vecindad de los que contactan inmediatamente con él y que consideramos como en reposo a la vecindad de otros»[28]. Negar que la tierra

[28] DESCARTES, *Los principios de la filosofía,* II, 25, p. 88.

se moviera, por tanto, era algo sencillo; Descartes lo hace, de manera formal, en la Parte III de los *Principios de la filosofía:*

> «Puesto que vemos que la Tierra no está sostenida por columnas, no se encuentra suspendida en el aire mediante cables, sino que está rodeada por doquier por un cielo muy líquido, pensemos que está en reposo y que no tiene propensión al movimiento, ya que no nos percatamos del mismo estando ubicados en ella; pero no juzguemos que esto también pueda impedir que sea arrastrada por el curso del cielo y que siga el curso de su movimiento sin, por tanto, moverse. Acontece todo de igual forma que un barco que no es impulsado por el viento ni por los remos, que no está retenido por las anclas, y que permanece en reposo en el medio del mar; el flujo y reflujo de esta gran masa de agua arrastra al barco insensiblemente consigo»[29].

Como vemos, la sutileza de su teología no era menor que la sutileza de su física. De esta manera, nadie podía acusarle de defender y divulgar que la tierra se movía[30].

El éxito de la física cartesiana

Debido a que sus explicaciones se expresaban exclusivamente en términos de «materia interactuando con materia», de la misma forma que un peso interactuaba con la palanca, por ejemplo, Descartes a menudo describió su física como una teoría fundamentalmente mecánica. El éxito de esta «filosofía mecanicista», por emplear la expresión, un poco posterior, de Robert Boyle, fue enorme. ¿Por qué algunos filósofos naturales optaron por el proyecto cartesiano y renunciaron al programa aristotélico?

Responder de forma exhaustiva a esta pregunta sería algo enormemente complejo; podemos identificar, no obstante, algunos factores de importancia. En primer lugar, Descartes se había propuesto

---

[29] *Ibidem,* III, 26, pp. 134-135.

[30] Pero su teoría de la materia en relación con la Eucaristía sí generó problemas más adelante: véase Richard A. WATSON, «Transubstantiation among the Cartesians», en Thomas M. LENNON, John M. NICHOLAS y John W. DAVIS (eds.), *Problems of Cartesianism,* Kingston-Montreal, McGill-Queen's University Press, 1982, pp. 127-148, así como las críticas en Roger ARIEW, *Descartes and the Last Scholastics,* Ithaca, Cornell University Press, 1999, esp. pp. 141-142.

como objetivo abarcar, en la medida de lo posible, las mismas áreas del saber, los mismos temas, los mismos fenómenos, estudiados por Aristóteles y discutidos por sus intérpretes posteriores. Se trataba, por tanto, de cuestiones de filosofía y filosofía natural que la gente podía reconocer en los textos que formaban el programa de estudios típico de las universidades y los colegios. Descartes quería, efectivamente, reemplazar a Aristóteles como figura principal de la filosofía, pero deseaba hacerlo sin alterar el sistema educativo del que éste todavía era la máxima autoridad. Así, por ejemplo, si Aristóteles explicaba el problema de la caída de los graves (en términos de causas finales, refiriéndose a la naturaleza del elemento tierra y su lugar natural en el centro del universo), Descartes debía explicarlo también. En su caso, su razonamiento se basaba en la idea de que un vórtice formado principalmente por segundo elemento gira alrededor de la tierra y desplaza la materia ordinaria, compuesta por tercer elemento, hacia su propio centro. Esto ocurre porque la tendencia *hacia fuera* del segundo elemento, en movimiento, mueve al tercer elemento, inactivo, *hacia dentro*. Otro ejemplo: en su obra *Meteoros,* el tercero de los ensayos publicados junto al *Discurso del método,* el orden que se sigue al tratar las cuestiones es prácticamente el mismo que se sigue en el clásico comentario jesuita de la *Meteorología* de Aristóteles, del siglo XVI (muy utilizado en colegios jesuitas como La Flèche). En conclusión, puede que el intento de Descartes de sustituir a Aristóteles en las universidades y en los colegios no tuviera mucho éxito, al menos a corto plazo, pero su particular enfoque sí propició que mucha gente que había sido educada en estas instituciones se mostrara más receptiva a sus ideas.

Sin embargo, junto a esta familiaridad Descartes también estaba introduciendo, de forma deliberada, muchas novedades; esto era algo que producía, a su vez, cierta extrañeza. Por ejemplo, Descartes había propuesto un universo en el que se podía desarrollar un tipo de física diferente a la practicada por los filósofos naturales partidarios del modelo aristotélico. Dicho de otra manera, a las cosmovisiones de Descartes y Aristóteles les correspondían diferentes maneras de elaborar explicaciones sobre el mundo. Las explicaciones «mecanicistas» propuestas por Descartes se fundamentaban en una certeza metafísica sobre la naturaleza y el comportamiento de la materia. Pero, como él mismo reconocía, sus principios explicativos eran tan fecundos que no se generaba una sino varias teorías sobre fenómenos concretos. Decidir cuál de ellas era la correcta era algo

que había que determinar empíricamente; pero incluso entonces muchas explicaciones no podían trascender el ámbito de lo hipotético. Esta facilidad para generar explicaciones aumentaba gracias a la disposición de Descartes para sugerir, si así lo requería, la existencia de partículas submicroscópicas (fragmentos de tercer elemento) de cualquier forma o tamaño. Así, por ejemplo, su teoría sobre los imanes hace referencia a ciertas partículas con forma de tornillo que giran entre los polos magnéticos. Una serie de poros invisibles en el imán permiten que estas partículas lo atraviesen, completando así su recorrido. La orientación de la rosca determina la diferencia entre los polos magnéticos[31]. Otro ejemplo: en su obra *Meteoros,* Descartes explica por qué la sal marina tiene ese particular sabor:

> «Así, no es extraño que tenga un gusto picante y penetrante, totalmente diferente del que posee el agua dulce, pues no pudiendo ser plegadas [las partículas] por la materia sutil que las rodea deben penetrar siempre de punta en los poros de la lengua y, de este modo, introducirse lo suficiente como para pincharla; por el contrario, las que componen el agua dulce, deslizándose sobre la lengua en posición plana, a causa de la facilidad que tienen para plegarse apenas pueden ser gustadas»[32].

Pierre Gassendi, con su atomismo, adoptó un enfoque parecido a la hora de explicar fenómenos físicos concretos: cuando era necesario no tenía reparos en postular la existencia de átomos con características particulares. Ante tal versatilidad, no sorprende que este estilo despertara un enorme interés en muchos ámbitos del saber, incluidos aquellos que apoyaban una orientación físico-matemática.

A partir de mediados del siglo XVII en adelante, una versión muy general del corpuscularismo, que según el capricho de los filósofos naturales permitía postular *ad hoc* la existencia de innumerables partículas, empezó a abundar en la literatura. Sirva de ejemplo un texto

---

[31] En *Los principios de la filosofía* Descartes también trata el tema de los imanes y el magnetismo.

[32] René DESCARTES, «Meteorology», en DESCARTES, *Discourse on Method, Optics, Geometry, and Meteorology,* trans. de Paul J. Olscamp, Indianápolis, Bobbs-Merrill, 1965, pp. 263-361, esp. pp. 275-276. [Traducción en castellano: DESCARTES, *Discurso del Método. La Dióptrica, los Meteoros y la Geometría,* ed. y trad. de Guillermo QUINTÁS ALONSO, Madrid, Alfaguara, 1981, p. 192.]

muy influyente que apareció en Inglaterra, en inglés, en el año 1654. Escrito por Walter Charleton, su complicado título era *Philosophia Epicuro-Gassendo-Charletoniana*. Su manera de aplicar las hipótesis corpusculares a los fenómenos naturales (generalmente, terrestres) era propia de un enfoque, no sistemático como el de Descartes, sino de corte pragmático, al estilo de lo propuesto por Robert Boyle a partir del año 1650. El propio Boyle acuño el término «filosofía mecanicista» para referirse a todos los modelos corpuscular-mecánicos al margen de cuestiones de orden metafísico, como el debate entre Descartes y Gassendi sobre la existencia del vacío (Gassendi sostenía que sí existía). Boyle, al igual que Gassendi, a diferencia de Descartes, insistía en el carácter *hipotético* de este tipo de explicaciones.

Finalmente, no podemos dejar de mencionar a otro filósofo natural de este período, también de la escuela mecanicista: el inglés Thomas Hobbes. Como veremos en el capítulo 7, la particular concepción hobbesiana de la filosofía natural coincidía con la aristotélica en muchos puntos, a pesar de su énfasis en la inteligibilidad mecanicista de las explicaciones físicas.

Capítulo 6

Actividades extra-curriculares: nuevos espacios para el estudio de la naturaleza

Espacios alternativos

Como vimos en el capítulo 1, al principio de este período que estamos estudiando el lugar paradigmático de la filosofía natural y las ciencias matemáticas eran las universidades. La apertura gradual de nuevos espacios donde desarrollar estos estudios de manera legítima es un aspecto importante de las transformaciones culturales que se produjeron a lo largo de los siglos XVI y XVII.

Generalmente, los filósofos de la naturaleza no trabajaban por cuenta propia, apartados del resto del mundo en sus investigaciones. Lo habitual era que formaran parte de algún entorno de carácter institucional. Así, el rasgo distintivo de un filósofo natural en la universidad era su actividad docente, en áreas como la medicina, la física o (cada vez más) la astronomía y otras ciencias matemáticas (como era el caso de Galileo). Sin embargo, debido a que la filosofía natural y las matemáticas normalmente pertenecían a categorías distintas en el currículo universitario, aquellos académicos que por su trabajo e intereses se centraban en la zona limítrofe entre estas dos áreas del saber a menudo se encontraban con dificultades de cara a realizar sus investigaciones dentro de los límites institucionales de la universidad. Durante el siglo XVI, los ejemplos más claros provienen de una de las ciencias matemáticas clásicas, la astronomía, un área de investigación donde frecuentemente las cuestiones de carácter físico, cosmológico, centraban toda la atención.

Durante la Baja Edad Media (como señalamos en el capítulo 1, sección tercera), la relación entre la filosofía natural y la ciencia mate-

mática de la astronomía era un tanto ambigua. Los astrónomos, por un lado, se limitaban a calcular trayectorias de cuerpos celestes, una tarea instrumental que, en principio, no debía interferir con las investigaciones de carácter explicativo, causal, de los físicos. Sin embargo, los físicos, por su parte, no ignoraban que los astrónomos, en su trabajo, debían tener en cuenta ciertos aspectos específicos de las órbitas planetarias (además de otras características, hipotéticas, de los fenómenos celestes) para dar sentido a los datos obtenidos. Este tipo de información a menudo era diferente de la que proporcionaban los modelos, más sencillos, usados en filosofía natural. Todos los astrónomos, por ejemplo, empleaban círculos excéntricos y epiciclos para realizar sus cálculos. No se trataba de un mero recurso computacional: eran elementos constitutivos de su trabajo; sin ellos no habrían podido realizar predicciones cuantitativas con precisión. ¿Cómo debían interpretar esto los físicos? Ignorar este tipo de cuestiones había sido siempre la reacción habitual: los astrónomos recibían sus conocimientos básicos sobre física de los propios físicos, y éstos, a su vez, hacían caso omiso de las implicaciones de orden físico de la labor realizada por los astrónomos[1].

Como vimos en el capítulo 2, Copérnico compartió esta actitud, y al mismo tiempo renegó de ella de una manera determinante. Para su *De revolutionibus,* por ejemplo, tomó como modelo el *Almagesto,* dedicando incluso el Libro I, como Ptolomeo, a cuestiones de carácter físico relacionadas con el tema de la ubicación de la tierra en el universo o el problema de su supuesta movilidad. El hecho de que Copérnico no estuviera de acuerdo con Ptolomeo acerca de esto último no constituye, sin embargo, la prueba más clara de su rechazo al sistema tradicional. Mucho más relevante fue el hecho de que lograra alterar las relaciones disciplinares entre la filosofía natural y la astronomía. En el *De revolutionibus,* en su Prefacio, Copérnico aludía de manera despectiva a todos aquellos que profesaban la astronomía («matemáticas») en las universidades. Los desacuerdos entre ellos, las inconsistencias de sus teorías, habían sido el motivo de que intentara reformar la disciplina. Sin embargo, en su empeño por superarlos, y como parte de este intento de reforma, sus esfuerzos por rediseñar los límites de la astronomía (para hacer, en realidad, cosmología) acabaron convirtiéndose en un problema, un verdadero

[1] Véase capítulo 1, sección tercera.

desafío, para los propios físicos. Efectivamente, al presentarse como alguien mejor cualificado que sus compañeros astrónomos, estaba invadiendo el terreno profesional de los filósofos naturales.

Copérnico intentó incluso hacer de sus resultados astronómicos argumentos para defender la superioridad de los principios *físicos* que estaba proponiendo. A esto se debe que el propio Martín Lutero, el gran reformista religioso, a pesar de no ser astrónomo ni filósofo natural, condenara a Copérnico por la temeridad de desear «subvertir la ciencia de la astronomía»[2]. El teólogo luterano Andreas Osiander, autor del Prefacio anónimo del *De revolutionibus,* fue más explícito, comentando: «no me extraña que algunos eruditos se hayan ofendido vehementemente y consideren que no se deben modificar las disciplinas liberales constituidas correctamente hace ya tiempo»[3]. Como ha mostrado el historiador Robert Westman, un comentario de este tipo es un indicio de que Copérnico no estaba desempeñando el papel de astrónomo sumiso sino que, de alguna forma, estaba intentando posicionarse por encima incluso de los propios filósofos naturales. En cualquier caso, la organización disciplinar de las universidades no permitía algo así[4]. Por ello, como ha mostrado también Westman, es muy significativo el hecho de que Copérnico no desarrollara su trabajo astronómico en el contexto académico. La estructura disciplinar a la que estaban sometidos sus compañeros en las universidades no afectaba de manera directa a Copérnico. Esto le proporcionaba libertad para traspasar los límites establecidos y embarcarse en proyectos más atrevidos e innovadores. Para Copérnico, la astronomía, entendida como una empresa de marcado carácter humanista, constituía un área de estudio mucho más amplia que las «matemáticas» del currículo universitario del Renacimiento. Puede que en su *Almagesto* Ptolomeo subordinara su astronomía a las restricciones del razonamiento físico, pero, en cualquier caso, lo que estaba discutiendo era física; la física era por tanto competencia del astrónomo, según Copérnico.

---

[2] Citado en Thomas S. KUHN, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957, p. 191. [Fuente: A. D. WHITE, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom,* I, Nueva York, Appleton, 1898, p. 126.]

[3] Del Prefacio anónimo de Osiander. COPÉRNICO, *Sobre las revoluciones,* p. 85.

[4] Robert S. WESTMAN, «The Astronomer's Role in the Sixteenth Century: A Preliminary Study», *History of Science,* 18 (1980), pp. 105-147, esp. p. 107.

El caso de la astronomía copernicana sirve de ejemplo para mostrar la importancia que tenían los contextos institucionales en relación con el contenido intelectual de los proyectos científicos. Al no pertenecer a ninguna universidad, ni estar obligado a pensar de acuerdo a un modelo disciplinar establecido, Copérnico podía realmente dedicarse a derivar de la astronomía conclusiones de carácter físico. Como Westman ha mostrado, algo parecido puede detectarse en las trayectorias profesionales de otros astrónomos del siglo XVI. Rheticus, por ejemplo, discípulo de Copérnico y humanista convencido, fue prácticamente el único astrónomo en el entorno universitario que tomó en serio las consecuencias cosmológicas de la nueva astronomía[5]. El más importante de todos, Tycho Brahe, quien a pesar de negar el movimiento de la tierra siempre estuvo dispuesto a cuestionar las más sólidas teorías sobre física celeste, desarrolló su carrera profesional fuera de la universidad: trabajó primero al servicio de Federico II, rey de Dinamarca, y después, brevemente, como matemático imperial de Rodolfo II, emperador del Sacro Imperio Romano Germánico. Tras su muerte, Johannes Kepler, copernicano ferviente, le sucedió en este mismo cargo. A finales del siglo XVI y principios del XVII, en numerosos lugares las Cortes reales empezaron a generar espacios alternativos donde los astrónomos pudiesen trabajar sin las restricciones intelectuales propias del entorno universitario.

La clave no está sólo en que lugares como las Cortes proporcionaran más libertad que las universidades. Independientemente del entorno institucional, el tipo de vida que el filósofo de la naturaleza podía llevar en estos espacios determinaba de manera fundamental los conocimientos que generaba. El hecho de que el número de contribuciones al estudio de la naturaleza a cargo de autores de entornos no universitarios fuera cada vez más en aumento parece muy significativo en este sentido.

A pesar de todo, no debemos olvidar que casi todos los miembros de la alta cultura de los siglos XVI y XVII habían recibido su formación, en mayor o menor medida, en las universidades; todos estaban familiarizados con el tipo de materias que allí se enseñaban. Por tanto, cuando hablamos de individuos que no desarrollaron su carrera profesional en una universidad (su número aumentó a lo largo del siglo XVII), nos referimos a gente cuya trayectoria intelectual había

---

[5] Véase capítulo 2, sección segunda.

estado necesariamente precedida por un período de formación universitaria. Por eso es tan importante tener en cuenta las doctrinas y el enfoque académicos estudiados en el capítulo 1: sólo así podremos comprender hasta qué punto fueron realmente innovadoras las ideas más radicales del momento (generadas en contextos muy diferentes del universitario), es decir, en qué medida su contenido constituyó un verdadero desafío a los saberes establecidos.

Galileo: de la universidad a la Corte

La trayectoria profesional de Galileo es un ejemplo excelente para plantear este tipo de cuestiones. Entre 1589 y 1610, Galileo ejerció de profesor de matemáticas, primero durante dos años en la universidad de Pisa (en Toscana), y después, a partir de 1592 y hasta 1610, en la universidad de Padua, entonces perteneciente a la república de Venecia. En 1610, sin embargo, renunció a su puesto académico para asumir el cargo de «filósofo y matemático de la Corte», en Florencia, al servicio del Gran Duque de Toscana. Las consecuencias de este cambio cargado de simbolismo fueron enormes. En las dos universidades donde trabajó, su estatus social como profesor de matemáticas había sido más bien bajo. Generalmente se cobraban salarios mucho menores que los recibidos por los profesores de filosofía natural, lo cual reflejaba la enorme diferencia entre las dos materias dentro de la jerarquía de disciplinas. Galileo no estaba nada satisfecho con esto. Como hemos señalado anteriormente (véase capítulo 4), la clase de matemáticas que él practicaba llevaba implícita la presuposición de que con ellas se podía intentar comprender el mundo físico. De ahí que su nuevo cargo tras su traslado a Florencia en 1610 fuera el de «*filósofo* y matemático de la Corte», en lugar de, simplemente, «matemático de la Corte». Este último título, como en el caso de Tycho y Kepler, era muy habitual en esta época, y se usaba en numerosas Cortes de Italia y Alemania. Es evidente que Galileo lo consideraba insuficiente. El título exacto de su nuevo cargo había sido negociado entre Galileo y el secretario del Gran Duque en 1610. Galileo se cuidó de señalar en su correspondencia que «había dedicado más años al estudio de la filosofía que meses al estudio de las matemáticas puras»[6].

---

[6] Citado en William R. SHEA, *Galileo's Intellectual Revolution*, Londres, Macmillan,

El hecho de que fuera importante para él acentuar sus credenciales filosóficas sugiere que, a pesar de estar molesto por el rango superior de los filósofos en las universidades, él mismo había interiorizado muchos de los valores que justificaban su estatus inferior; es decir, por lo que parece, él también consideraba la filosofía como una actividad más importante y prestigiosa que las matemáticas.

Conviene señalar, sin embargo, que en su referencia despreciativa a las matemáticas en la carta al secretario de la Corte toscana, Vinta, Galileo había especificado «matemáticas *puras*». Como ya indicamos en el capítulo 1 (sección segunda), el conjunto de las matemáticas puras estaba formado por la geometría y la aritmética general (una dedicada a las cantidades continuas y otra a las cantidades discontinuas). Se trataba de una categoría diferente a la de las «matemáticas mixtas», representadas en el *quadrivium* medieval por la astronomía y la música, aunque en realidad se incluía cualquier área en la que las cantidades *de* algo fuesen el tema a tratar. Galileo consideraba a estas últimas, las matemáticas *mixtas,* como parte legítima de una ciencia de la naturaleza causal, filosófica. Dados sus conocimientos y experiencia como matemático, era una manera de asegurarse un papel en la disciplina de la filosofía natural. Las matemáticas puras, en cambio, no podían formar parte de una filosofía de la naturaleza de este tipo, centradas como estaban en el estudio de entidades ideales e inmutables (en lugar de entidades de naturaleza cambiante, que para Aristóteles constituían el tema de la física).

Una vez en Florencia, Galileo dispuso de mayor libertad para promover su programa filosófico. Allí ya no sufría la humillación de tener que trabajar bajo la tutela de físicos que no estaban dispuestos a aceptar la resolución de un problema filosófico mediante argumentos matemáticos. Su estatus ahora no estaba circunscrito a un cargo en la universidad: era uno de los cortesanos del Gran Duque mejor considerados. Como ha propuesto el historiador Mario Biagioli, sólo desde esta posición privilegiada podía Galileo modificar la estructura disciplinar que en el mundo académico separaba las matemáticas de la física.

Detengámonos un momento a considerar qué significaba realmente para un académico de este período, en términos prácticos, un

---

1972, p. 14. [Fuente: Carta de Galileo Galilei a Belisario Vinta, 7 de mayo de 1610, en Antonio FAVARO (ed.), *Opere di Galileo,* vol. 10, Frorencia, G. Barbera Editore, 1934, p. 353.]

salto en la escala social de estas características. Cuando un autor publicaba una obra su nombre aparecía en las primeras páginas del libro, junto a una nota que indicaba la institución a la que pertenecía. Así, por un lado, en el caso de alguien que trabajaba en la universidad, la nota indicaba su rango como profesor de filosofía, o teología, o matemáticas, así como una referencia a la universidad en cuestión. Por otro lado, un matemático de la Corte, como en el caso de Kepler cuando publicó su *Astronomia nova,* se identificaba simplemente como «Matemático de su Santa e Imperial Majestad»[7].

Gracias a los privilegios de su nuevo rango, Galileo podía publicar usando su nuevo título, por el que quedaba bajo la protección y la autoridad del Gran Duque de Toscana. Evidentemente, esto no quiere decir que el Gran Duque respaldara cualquier idea propuesta por Galileo. Lo que sí parece indicar, en cambio, es que, por el hecho de publicar como filósofo del Gran Duque, Galileo podía exigir el derecho a ser tomado en serio; una respetabilidad que no dependía de acreditaciones universitarias, sino que derivaba de un poder político, un poder de Estado, algo totalmente diferente. Comparándolo con la situación actual, este caso sería parecido al de un científico trabajando para el gobierno que contara con el respaldo del Estado a la hora de presentar sus resultados (con un matiz: en la época de Galileo, a principios del siglo XVII, lo que hoy llamaríamos Estado moderno estaba siendo creado por primera vez).

La nueva posición de Galileo, por tanto, le estaba llevando por caminos muy diferentes a los transitados durante sus años en Padua, al comienzo de su carrera. De hecho, como ha mostrado Biagioli, aparentemente liberado de muchos de sus males anteriores, Galileo se encontraba ahora sujeto a nuevas presiones y nuevas obligaciones a la altura de su nuevo rol. Ante estas presiones y exigencias, Galileo se vio obligado a responder con ideas cada vez más ingeniosas y llamativas.

En este sentido, no debemos olvidar que Galileo había obtenido su cargo tras ofrecer al Gran Duque, a modo de regalo y con la esperanza precisamente de obtener a cambio un puesto en su Corte, un hallazgo suyo ciertamente espectacular. Se trataba del descubrimiento de las cuatro lunas de Júpiter, realizado a principios de 1610, y

---

[7] Una reproducción de la página original puede hallarse en Johannes KEPLER, *New Astronomy*, trans. de William H. Donahue, Cambridge, Cambridge University Press, 1992, p. 26. Véase figura 6.1.

ASTRONOMIA NOVA
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ,
SEV
PHYSICA COELESTIS,
tradita commentariis
DE MOTIBVS STELLÆ
MARTIS,
Ex obſervationibus G. V.
TYCHONIS BRAHE:

Juſſu & ſumptibus
RVDOLPHI II.
ROMANORVM
IMPERATORIS &c:

Plurium annorum pertinaci ſtudio
elaborata Pragæ,

A S^e. C^e. M.^tis S^e. Mathematico
JOANNE KEPLERO,

Cum ejusdem C^e. M.^tis privilegio ſpeciali
ANNO æræ Dionyſianæ cIↃ IↃ C IX.

Figura 6.1. Portada de la obra de Kepler *Astronomia nova*.

hecho público poco después. La observación de estas lunas (o, como Kepler las llamó un poco más tarde, «satélites», es decir, «acompañantes») era el resultado más importante obtenido por Galileo desde que, a finales de 1609 y comienzos de 1610, empezara a observar el cielo con el recién inventado telescopio. Galileo había oído hablar acerca de este nuevo instrumento óptico a mediados de 1609, en Venecia, e inmediatamente había diseñado uno para uso propio. Las maravillas que descubrió cuando, a finales de año, por las noches, empezó a observar el cielo con él quedaron reflejadas en un breve libro de 1610, escrito en latín, titulado *Sidereus nuncius* (*El mensajero sideral*)[8].

Además de las lunas de Júpiter, en el *Sidereus nuncius* también se anunciaba la existencia en el cielo de numerosas estrellas invisibles hasta entonces. Según Galileo, la franja del cielo ligeramente blanca e irregular conocida como la «Vía Láctea» (del latín, *via lactea,* o «galaxia», término griego referido a la leche) estaba compuesta por masas enormes de estrellas. «La galaxia no es, pues, otra cosa que un conglomerado de innumerables estrellas reunidas. Hacia cualquier región que se dirija el anteojo, inmediatamente se presenta a la vista una ingente cantidad de estrellas»[9]. Otro hallazgo interesante, más relevante desde un punto de vista cosmológico, tenía que ver con el aspecto que presentaba la luna. Según Galileo, la superficie lunar a través de su telescopio parecía irregular, montañosa, similar a la de la tierra; muy diferente de la esfera perfecta e inmutable que imaginaban los partidarios de la doctrina aristotélica sobre la perfección de los cielos.

Pero sin duda el tema central del libro, como bien se indicaba en el título, era el de los cuatro satélites de Júpiter. Galileo era muy consciente de que si su gestión era la acertada, el descubrimiento de estos planetas (como él los llamaba) podía sacarle del mundo universitario y abrirle las puertas de la Corte toscana. Por ello decidió buscarles un nombre que hiciera referencia a su futuro mecenas, un nombre en su

---

[8] A pesar de que la intención era que el título en latín hiciera referencia a un «mensaje sideral», muchos, incluido Kepler, lo tradujeron (correctamente también) como «mensajero sideral», versión que hoy en día se mantiene.

[9] Galileo GALILEI, *Sidereus nuncius, or, The Sidereal Messenger,* trans. de Albert Van Helden, Chicago, University of Chicago Press, 1989, p. 62. [Traducción en castellano: GALILEO, *El mensaje y el mensajero ideal,* ed. y trad. de Carlos SOLÍS, Madrid, Alianza Editorial, 1984.]

honor. Al principio los llamó «Astros Cósmicos», un juego de palabras con el nombre del Gran Duque, Cosme II de Medici. Sin embargo, tras advertirle Vinta, secretario de la Corte, que la referencia específica al Gran Duque podía no ser tan obvia, Galileo decidió llamarlos «Astros Mediceos», haciendo la dedicatoria más explícita aún. Fue una decisión de última hora, ya iniciada la impresión. A esto se debe que en la página frontal de las primeras ediciones del *Sidereus nuncius* el nombre de «Astros Mediceos» aparezca escrito en una tira de papel pegada sobre el nombre descartado.

Una vez asentado en Florencia, la carrera de Galileo fue prácticamente una sucesión interminable de polémicas, de mayor o menor importancia, con otros filósofos, la mayoría de ellos profesores en universidades y colegios. Su nueva fama lo permitía, y al mismo tiempo lo exigía. Gracias al *Sidereus nuncius* Galileo se había convertido en una celebridad conocida en toda Europa: podía hablar de sus éxitos, y de sí mismo, con grandilocuencia. Pero también debía responder a las exigencias de su relación con el Gran Duque: hacerse valer, justificar de algún modo su papel en la Corte de Cosme II. Las relaciones de mecenazgo no eran unidireccionales.

El final de esta historia llega con la famosa condena de Galileo, en Roma, en 1633, un año después de que éste publicara su *Dialogo sopra i due Massimi Sistemi del Mondo Tolemaico e Copernicano* (*Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*). Escrito en forma de diálogo, de manera que pareciese una discusión basada en meras hipótesis, este famoso trabajo contenía numerosos argumentos en defensa del movimiento de la tierra. Las autoridades eclesiásticas no se dejaron engañar, y Galileo fue obligado a abjurar de su creencia en la movilidad de la tierra, y a pasar el resto de su vida (murió en 1642) bajo arresto domiciliario. Su brillante carrera entre nobles cortesanos y adeptos lectores de la alta sociedad (en lugar del latín de las universidades, el *Dialogo* estaba escrito en el idioma vernáculo toscano empleado por la vanguardia cultural florentina) de repente se había venido abajo. Su primer mecenas, Cosme, estaba ya muerto, y el sucesor de éste no le había dedicado mucha más atención. Ni siquiera Maffeo Barberini, un viejo amigo suyo de Florencia, que en 1623 se había convertido en el papa Urbano VIII, podía ayudarle, enfrentado como estaba con el sector más conservador del clero. El periplo extra-currilular de Galileo llegaba por tanto a su fin de una manera lamentable, pero no sin dejar como legado una serie de trabajos notables. Por ejemplo, la

gran obra galileana sobre temas de mecánica y dinámica, los *Discorsi e dimostrazioni matemátiche intorno a due nuove scienze* (*Consideraciones y demostraciones sobre dos nuevas ciencias*), de 1638, fue escrita y publicada durante el período de arresto domiciliario. Galileo daba así por finalizada una inmensa e influyente labor de investigación sobre estas materias que le había mantenido ocupado durante casi medio siglo[10].

Los mecenas y sus clientes

El mecenazgo de matemáticos y filósofos naturales, bien por parte de príncipes en el contexto de la Corte, o a cargo de nobles menos importantes a un nivel más privado, se convirtió en algo muy habitual durante el siglo XVII. Los casos de mecenazgo de finales del siglo XVI, como el de Tycho Brahe, matemático imperial, o el del Duque de Hesse-Kessel, apasionado defensor de la alquimia, se multiplicaron en las décadas siguientes. En efecto, un número cada vez mayor de eruditos de todos los ámbitos, no sólo el científico, empezó a trabajar bajo la protección de un mecenas, contratados como tutores personales de sus familias o como parte de su séquito. Algunos ejemplos notables de individuos que adoptaron este estilo de trabajo los encontramos en Inglaterra; todos ellos filósofos de renombre, autores de obras importantes.

Entre estos autores ingleses cuyo trabajo ha de explicarse en términos de mecenazgo destacan Thomas Harriot, William Harvey y Thomas Hobbes. En lo que respecta a Harriot y a Hobbes, hay que señalar que ninguno de los dos trabajó para la Corte. Ambos se beneficiaron de sus buenas relaciones con ciertas familias nobles. Sus obligaciones a cambio eran, por un lado, supervisar la educación de las generaciones jóvenes y, por otro, atender y animar las veladas de sus benefactores. También, como era de esperar, les dedicaban sus obras. Como clientes, debían tener en cuenta que su presencia en el panorama intelectual del momento dependía, en gran medida, de la propia presencia y visibilidad de sus protectores. Por lo que respecta a Harriot, su mecenas fue el Conde de Northumberland, a principios

---

[10] Para más información sobre estas primeras investigaciones, véase capítulo 4, sección segunda y capítulo 7, sección primera.

del siglo XVII. Hobbes, por su parte, fue el favorito de la familia Cavendish, para quienes trabajó durante las décadas centrales de este mismo siglo. Es obvio, por tanto, que en ambos casos su labor fuera del entorno universitario se vio claramente favorecida por estas relaciones familiares. Al comparar el caso de Hobbes con el de Galileo destaca la siguiente coincidencia: la notoria facilidad de ambos para entrar en polémicas sobre cuestiones filosóficas se debía en parte a la relativa libertad institucional de que gozaban en sus respectivos cargos. Al comparar el caso de Harriot con el de Galileo, en cambio, nos encontramos con una diferencia fundamental. Harriot es conocido no por sus publicaciones (de hecho, no publicó nada), sino por el interés de las investigaciones que dejó anotadas en manuscritos (para uso privado), y a las que ocasionalmente se refirió en su correspondencia. De estas investigaciones, las más famosas quizás son sus observaciones de la luna con el telescopio, realizadas un año antes de que Galileo hiciera públicas las suyas, mucho más conocidas. Aquí puede estar la clave para comprender la diferencia entre las presiones de la cultura cortesana de alto nivel, donde Galileo desarrolló su trabajo, y el ambiente más relajado propio de la relación patrón-cliente que vivió Harriot: Galileo debía gestionar muy bien sus descubrimientos si quería obtener el reconocimiento de la Corte florentina; a Harriot sus observaciones le interesaban únicamente por su relevancia filosófica[11].

Otro caso inglés, algo más complicado que los anteriores, similar en algunos sentidos al de Galileo, pero todos modos muy revelador, es el de William Harvey. Su carrera profesional se desarrolló a lo largo de la primera mitad del siglo XVII. Al principio de este período Harvey era un estudiante de medicina en Padua, aún la principal universidad de Europa en esta materia. Al final de su carrera, era un hombre desposeído de muchos de los escritos y apuntes que meticu-

[11] BIAGIOLI señala esta diferencia en su texto «Scientific Revolution, Social Bricolage, and Etiquette», en Roy PORTER y Mikuláš TEICH, *The Scientific Revolution in National Context*, Cambridge, Cambridge University Press, 1992, pp. 11-54, esp. p. 51, n. 105. Biagioli interpreta el desinterés de Harriot por lograr una «proyección cortesana» para sus descubrimientos similar a la de Galileo como una muestra de que en Inglaterra existía una mayor diversidad de espacios donde era posible desarrollar actividades filosóficas, espacios que no estaban sometidos a estructuras jerárquicas tan sólidas como en Italia. También puede ser una indicación de que Harriot contaba con una relación de mecenazgo estable, gracias a la cual podía desarrollar su carrera profesional al margen de las universidades sin problemas.

losamente había reunido durante todos esos años. Esta pérdida (en el año 1642) fue debida a un robo, consecuencia indirecta de su relación, como médico personal, con el rey Carlos I, que sería ejecutado en 1649. Harvey, por supuesto, es famoso por haber propuesto la teoría de la circulación de la sangre. Plantear algo así a principios del siglo XVII era un gesto ambicioso, y al mismo tiempo revolucionario: Harvey se enfrentaba a la más radical indiferencia por parte de la ortodoxia médica del momento, una ortodoxia representada por su propia comunidad profesional.

Volviendo al tema de su carrera profesional, hay que señalar que desde el principio Harvey estuvo muy bien relacionado, algo nada extraordinario en alguien destinado a un puesto de relevancia en esta época. Tras finalizar sus estudios en Padua, en 1602 recibió el título oficial de doctor en medicina de la universidad de Cambridge, donde había sido estudiante antes de trasladarse a Padua. Después, Harvey inició los trámites para ser admitido en el Colegio de Médicos, en Londres, del que debía ser miembro si quería ejercer como médico en esta ciudad. En 1604, el mismo año en que fue admitido como candidato a miembro del Colegio, contrajo matrimonio con Elizabeth Browne. Un enlace interesante: Elizabeth era hija de Sir Lancelot Browne, que había sido médico jefe de la reina Isabel hasta su muerte en 1603, y que entonces continuaba trabajando como médico al servicio de su sucesor, Jaime. Sir Lancelot intentó conseguir para su yerno un puesto similar en la Corte, pero no lo logró, pues murió en 1605. En cualquier caso, dos años más tarde, en 1607, Harvey fue elegido *Fellow* (Miembro) del Colegio de Médicos.

Muy pronto, Harvey empezó a destacar entre los miembros de esta institución, y en 1615 fue nombrado *Lumleian lecturer*. Este nuevo cargo, además de proporcionarle unos ingresos cuantiosos, también le facilitaba un nuevo espacio donde difundir sus ideas sobre anatomía y fisiología. De hecho, durante sus clases, que empezaron a impartirse en 1616, y se repitieron a intervalos en años sucesivos, Harvey presentó por primera vez algunas de sus tesis principales sobre la función del corazón. La versión completa de sus teorías, sin embargo, no fue publicada hasta el año 1628: una obra modesta, escrita en latín, titulada *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (*Ejercicio anatómico sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales*). En contra de lo establecido por Galeno, la gran autoridad médica del siglo II d. C., en este trabajo se

proponía que el corazón sirve para bombear sangre por todo el cuerpo de manera ininterrumpida [12].

En *De motu* se muestran claramente las afiliaciones profesionales del propio autor como miembro del Colegio de Médicos, pero también se aprecia su interés por mejorar su propia posición aprovechando los mismos recursos que su suegro. El libro contiene dos dedicatorias, una de ellas dirigida al presidente del Colegio, el doctor Argent, y la otra dirigida al rey Carlos I. Esta última está escrita según el estilo habitual de las dedicatorias en los trabajos académicos del siglo XVI y XVII, como, por ejemplo, el prefacio del libro *De fabrica* de Vesalio, dirigido al Emperador (que le sirvió para obtener un puesto en la Corte), o el prefacio del propio Galileo a su *Sidereus nuncius,* dirigido a Cosme II de Medici, de enormes consecuencias, como ya hemos visto. En su dedicatoria, Harvey elogia al rey Carlos con un estilo metafórico muy elaborado, relacionando, primero, al monarca en su reino con el sol en el universo, para, a continuación, compararlos con el corazón en el cuerpo, fuente de calor y de vida. Muy consciente de lo que dice, así lo expresa el propio Harvey:

> «Lo que aquí he escrito acerca del movimiento del corazón, de acuerdo con la costumbre de este siglo me he atrevido a ofrecerlo a su Majestad, porque así como todas las cosas humanas están hechas tomando ejemplo del hombre, muchas de las cosas de un Rey están hechas tomando como ejemplo al corazón» [13].

El objetivo de Harvey era aprovechar la ocasión que se le brindaba de dedicar al rey un libro que ayudase a comprender mejor el corazón (entendido como fuente de vida) para, implícitamente, ofrecerse a sí mismo al servicio de esa otra fuente de bien y de vida que era el monarca mismo (que acababa de ascender al trono como rey de Inglaterra en 1625).

Su estrategia dio resultado: en 1629, en recompensa por su lealtad (aunque también influyeron los excelentes contactos de su familia), Harvey fue nombrado médico personal del rey, y de la familia

---

[12] Más detalles en el capítulo 7, sección cuarta.

[13] William HARVEY, *The Circulation of the Blood and Other Writings,* trans. de Kenneth J. Franklin, Londres, Dent, 1963, p. 3. [Traducción en castellano: HARVEY, *Del movimiento del corazón y de la sangre de los animales,* trad. de José Joaquín Izquierdo, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1965, p. 95.]

real. Obviamente, este ascenso supuso un respaldo importante a sus controvertidas ideas en fisiología. En una obra de 1649, por ejemplo, cuando ya no era miembro oficial de la casa real, Harvey aún se refería a sí mismo como «serenissimae Majestatis Regiae Archiatro», esto es, «médico jefe de su serenísima majestad el Rey»[14]. Gozar de la protección real tenía enormes ventajas. Un comentario de Harvey en esta obra de 1649 lo ilustra muy bien; refiriéndose a la idea de que la sangre en las venas siempre se dirige al corazón, escribe: «En presencia de numerosos nobles y de su majestad el Rey, mi Señor, en la parte expuesta de la vena yugular de una cierva practiqué una incisión y apenas salieron unas gotas de sangre de la parte inferior de la vena, que subía desde la clavícula»[15]. Harvey se aprovechaba del renombre de estos testigos ilustres (incluida la referencia implícita a la procedencia real de la cierva) para rebatir a sus críticos. Con la misma intención había sido escrita la dedicatoria al presidente del Colegio de Médicos que prologaba el *De motu cordis*.

En este texto Harvey deja entrever que no había publicado su libro hasta entonces por miedo a ser acusado de presuntuoso; deja claro que «con anterioridad lo tengo expuesto ante vosotros y que lo he venido perfeccionando en los últimos años; que lo he comprobado por la autopsia; que he respondido a vuestras dudas y objeciones, y que he sido favorecido por la censura de nuestro honorabilísimo presidente»[16]. Es decir, como en el ejemplo del experimento con la cierva y su referencia a los «numerosos nobles», en la presentación de esta su obra más famosa Harvey buscaba el amparo de los «sabios doctores» del Colegio de Médicos para protegerse de sus críticos. Los aliados poderosos *eran* poderosos en la medida en que otros se doblegaban ante su autoridad. Éste era uno de los motivos (aparte de los económicos) por los que a un filósofo natural le convenía trabajar bajo la protección de un mecenas.

---

[14] Citado en Walter PAGEL, *William Harvey's Biological Ideas: Selected Aspects and Histórical Background*, Nueva York, Hafner, 1967, p. 19 (de las Cartas a Riolan, 1649).

[15] HARVEY, *Circulation*, p. 161.

[16] HARVEY, *Del movimiento del corazón*, p. 98.

Los mecenas y las instituciones

El mecenazgo de la nobleza no benefició únicamente a individuos, clientes, aislados. La gran relevancia que adquirieron durante el siglo XVII las denominadas «sociedades» o «academias» filosóficas fue igualmente el resultado de la protección y el apoyo de ciertos aristócratas.

La Accademia dei Lincei («Academia de los Linces») fue una de estas sociedades. Fundada en 1603 bajo la protección de Federico Cesi, marqués de Monticelli (después príncipe papal), y de orientación filosófica y matemática, sus miembros hacían gala de una capacidad para observar la naturaleza tan notable como la de estos felinos. Galileo fue elegido miembro en 1611, después de una visita triunfal a Roma con motivo de sus recientes descubrimientos astronómicos, durante la cual la Academia organizó un banquete en su honor. Por lo que parece, apreció mucho esta distinción. Además de mencionar su cargo como «filósofo y matemático» del Gran Duque de Toscana, en sus publicaciones posteriores al *Sidereus nuncius* Galileo siempre dejó constancia de su condición de «Linceo». También hizo numerosas referencias en sus escritos a otros miembros de la Academia. Se trataba, en definitiva, de un colectivo reducido y exclusivo. El papel desempeñado por Cesi era el de un mecenas ilustre, con prestigio; a él se debía que el grupo fuese respetable.

Entre las muchas tareas realizadas a largo de su historia, la Academia tuvo dos funciones especialmente relevantes. Por un lado, se encargó de pagar la publicación de la polémica obra de Galileo *Il saggiatore* (*El ensayador*), en 1623, así como la de su famoso *Dialogo,* en 1632; ambos gestos constituyen un ejemplo significativo de mecenazgo institucional. Por otro lado, la Academia destacó por ser la sede de la nueva biblioteca de investigación que el príncipe Cesi ordenó construir. No está de más recordar la importancia enorme de las bibliotecas en relación con la práctica de la filosofía natural, incluso para aquellos filósofos que primaban la observación directa de los fenómenos naturales. El inglés Francis Bacon, por ejemplo, era partidario de que cada uno estudiara la naturaleza por sí mismo, y sin embargo esto no le impidió teorizar sobre la función indispensable de los libros y la escritura de cara a la construcción del edifico del saber natural. Es más, Bacon destacó lo interesante de dejar constancia, por escrito, de las distintas experiencias (lo que él denominó *experientia*

literata), es decir, anotar y ordenar las diferentes observaciones y elaborar así una recopilación de «hechos»[17]. A pesar de que su interpretación de las fuentes fue quizás una interpretación libre, Bacon produjo su propio compendio de «hechos» naturales, su obra *Sylva sylbarum,* de 1626; también hay referencias a estos «hechos» en obras como el *Novum organum*. En definitiva, en el caso de Bacon, su insistencia en un conocimiento de primera mano no excluía el aprovecharse del conocimiento de primera mano de otros.

La biblioteca linceana de Cesi nos hace recordar el interés que tenía el propio Bacon, a finales de siglo XVI, en que el Estado de Inglaterra patrocinara una serie de centros de investigación en el país, uno de los cuales había de ser una biblioteca[18]. Sus intentos, frustrados, por crear un sistema de financiación real para su proyecto filosófico evidencian al menos que Bacon albergaba algún tipo de esperanzas con respecto a un posible mecenazgo por parte del gobierno. La *Nueva Atlántida,* su gran fantasía, trataba precisamente de esto. La diferencia, en esta época, entre el mecenazgo de un filosofo natural por parte de algún miembro poderoso de la aristocracia y el apoyo del Estado a un proyecto de investigación bien organizado era una diferencia de grado. En cualquier caso, la biblioteca de Cesi estaba provista de libros sobre ciencias matemáticas, historia natural y diversas cuestiones médicas, en conformidad con los ideales baconianos. Las bibliotecas, según Bacon, debían constituir la base para una nueva organización, una reforma, del conocimiento[19].

La publicación, por parte de la Academia, de obras de Galileo era una manera de contribuir a esta reforma del conocimiento de la naturaleza. En este sentido, hay que destacar la labor del propio Cesi. Su mecenazgo, como hemos dicho, proporcionaba a los miembros de la Academia, y a sus trabajos, un aura de respetabilidad social que no

---

[17] Véase Paolo ROSSI, *Francis Bacon: From Magic to Science,* trans. de Sacha Rabinovitch, Chicago, University of Chicago Press, 1968, p. 153 (analizando la obra de Bacon *El avance del conocimiento*), y el capítulo 4, sección cuarta.

[18] Véase capítulo 3, sección tercera.

[19] Además de Bacon, fueron muchos los autores que diseñaron proyectos enciclopédicos con el objetivo de abarcar todo el saber, por ejemplo, Jean Bodin: véase Ann BLAIR, *The Theater of Nature: Jean Bodin and Renaissance Science,* Princeton, Princeton University Press, 1997. Sobre la Accademia y la historia natural, véase Paula FINDLEN, *Possessing Nature: Museums, Collecting, and Scientific Culture in Early Modern Italy,* Berkeley, University of California Press, 1994, pp. 31-33.

sólo resultaba determinante para la unidad y cohesión del grupo, sino que beneficiaba individualmente a cada uno de ellos: si la Academia publicaba un libro, su autor contaba con la aprobación y el respaldo de todo el grupo. Por esto mismo, la Accademia dei Lincei es un buen ejemplo de cómo el mecenazgo de un individuo influyente también podía llevarse a cabo (igual hasta de una manera más efectiva) a través de un colectivo organizado o de una institución parecida.

Otro ejemplo, también un caso italiano, pero posterior, sirve para ilustrar esto mismo. En 1657, un grupo de filósofos bajo la dirección del príncipe Leopoldo de Toscana, hermano de Fernando, entonces Gran Duque, fundó la que a partir de entonces se conocería como la Accademia del Cimento, o «Academia del Experimento». El nombre que escogieron para referirse a sí mismos fue «Saggiato» (cf. «Linceo»), «analista», «probador», de alguna manera, «experimentador». Todas las actividades realizadas por esta institución quedaron meticulosamente registradas en un diario que años más tarde serviría de base para su única publicación, los *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento* (*Ensayos sobre los experimentos naturales realizados en la Academia del Cimento*), presentados en formato de libro en 1667. El título de la obra, largo de por sí, continuaba con una mención al benefactor del grupo: «sotto la prottezione del serenissimo principe Leopoldo di Toscana» («bajo la protección del serenísimo Leopoldo de Toscana»). En realidad, este libro (destinado a un uso privado, como regalo para un príncipe, por ejemplo) constituye la última evidencia material de las actividades realizadas en la Academia durante todos esos años. De hecho, cuando fue publicado hacía tiempo que sus miembros habían dejado de reunirse o de desarrollar sus investigaciones. La Academia, que carecía de estatutos, no fue disuelta de manera oficial: simplemente dejó de funcionar como tal cuando Leopoldo, elegido cardenal, se trasladó de Florencia a Roma.

El aspecto más significativo de este grupo como «Academia» era la estrecha relación que mantenía con su mecenas. El hecho de que no hubiese estatuto, ni un calendario de sesiones establecido, demuestra que el proyecto en realidad estaba sujeto al arbitrio del príncipe Leopoldo, que convocaba reuniones cuando quería. Al igual que su hermano, el Gran Duque Fernando, Leopoldo estaba muy interesado en la filosofía natural; de hecho, cuando participaba en las actividades de su grupo lo hacía en calidad de investigador, como los demás. No obstante, algunos aspectos de la obra antes mencionada,

los *Saggi,* parecen indicar que su papel como mecenas sí afectaba de manera determinante a las condiciones de trabajo en la Academia. En concreto, los *Saggi* mostraban los resultados de las investigaciones realizadas de manera que la contribución individual de cada autor no quedaba reflejada. En este sentido, se trataba de una publicación colectiva, un resumen de lo que el *grupo* había hecho. Al mismo tiempo, como ya hemos señalado, el libro comienza con una referencia explícita al papel central desempeñado por Leopoldo como cabeza visible de la institución. Desde esta perspectiva puede interpretarse que la Accademia del Cimento corría a cargo de Leopoldo, al asumir éste la responsabilidad de gestionar la labor del resto de los miembros, sus clientes.

Como ha señalado Mario Biagioli, un aspecto interesante de la relación entre Leopoldo y sus «experimentadores» se debía a su condición de noble: en aquella época el trabajo experimental era considerado un trabajo «mecánico» (recordemos el caso de Bacon, capítulo 3); por tanto podía parecer inapropiado que un príncipe se viera envuelto en tales actividades. Evidentemente, tanto por motivos educacionales como recreativos, Leopoldo podía llevar a cabo experimentos en privado. Sin embargo, esto no debía quedar reflejado en las publicaciones (incluyendo las publicaciones cortesanas destinadas exclusivamente a un público selecto, como el caso de los *Saggi*). Su reputación y su imagen pública debían quedar intactas. No obstante, haciendo ver que los filósofos con los que trabajaba y se comunicaba formaban parte de una «academia» que funcionaba bajo su supervisión, Leopoldo se mantenía al margen del trabajo sucio, por decirlo de algún modo, sin dejar de ser, al mismo tiempo, el centro de todos los elogios por los resultados obtenidos. El trabajo de investigación del grupo, entre cuyos miembros más importantes figuraban Giovanni Borelli y Franceso Redi, incluía todo tipo de pruebas y ensayos de carácter experimental sobre fenómenos relacionados con temas como la mecánica de fluidos, la presión atmosférica o la naturaleza y el comportamiento del calor, entre otros. El instrumental utilizado podía llegar a ser muy caro, como por ejemplo las piezas de cristal diseñadas a medida. Con el fin de evitar entrar en polémicas, Leopoldo debía asegurarse, por un lado, de que los presupuestos filosóficos a la base de estos trabajos no tuvieran un carácter dogmático, y, por otro, de que el objeto de estudio fuesen los fenómenos mismos (no algún tipo de explicación causal sobre estos fenómenos).

Vemos, por tanto, que la creación de nuevos espacios para el estudio de la naturaleza que pudieran competir con las universidades era un proceso extremadamente complejo que exigía conocer muy bien y respetar los códigos de civilidad socialmente establecidos. En este sentido, las dos organizaciones de filósofos naturales más importantes del siglo XVII, ambas fundadas en la década de 1660 (hoy en día, tras muchas modificaciones, aún en activo), fueron la Académie Royale des Sciences, en París, y la Royal Society, en Londres. Ambas instituciones, como su nombre indica, fueron creadas gracias al apoyo y patrocinio de la realeza. Aparentemente, por tanto, nos encontramos ante dos ejemplos más de mecenazgo a cargo de un colectivo, en este caso la monarquía, con una organización estructurada de por medio. Sin embargo, si examinamos las diferencias entre una y otra agrupación veremos que la línea divisoria entre este modelo de mecenazgo colectivo, mediado institucionalmente, y el mecenazgo a cargo de un individuo particular no estaba del todo clara.

La Académie Royale des Sciences fue fundada en París a finales de 1666. Colbert, ministro del rey de Francia, Luis XIV, fue el principal impulsor del proyecto. La creación de la Academia formaba parte de un proyecto político más amplio, cuyo objetivo era hacer de la monarquía reinante un Estado «absolutista», donde todo estuviese controlado por un poder central, que el propio Luis XIV personificaría. Este modelo de Estado sería comparable, quizás, a los regímenes «totalitarios» del siglo XX, que persiguieron un objetivo similar, aunque con más éxito. Así, Luis XIV se hacía llamar «el Rey Sol», con el objeto de enfatizar que él era el centro y origen de todo lo que sucedía en su reino. Se trataba de la misma concepción absolutista que había inspirado el prefacio de William Harvey dedicado al Rey Carlos I de Inglaterra en su obra *De motu cordis* (aunque, en el caso de Carlos I, sus ambiciones absolutistas fueron frustradas por el Parlamento). Harvey había escrito que el rey es «base de su reino; el sol de su microcosmos y corazón de su república, del cual emana todo poder y proviene toda gracia»[20].

Unas décadas más tarde, Colbert se enfrentaba al desafío de lograr que la figura de Luis XIV estuviese a la altura de una imagen tan magnífica y grandiosa como la citada. Así, se propuso subordi-

[20] HARVEY, *Del movimiento del corazón*, p. 95.

nar a la figura del monarca todo aquello que generara poder o prestigio. En el caso específico de las ciencias (filosofía natural, matemáticas, etc.), Colbert propuso la creación de una institución oficial, una academia al servicio del Estado, que reuniera a los mejores especialistas en cada materia. El plan se puso rápidamente en marcha y el resultado fue la Académie Royale des Sciences, inaugurada en diciembre de 1666.

Siendo una institución del Estado, la Académie, a diferencia de la Accademia del Cimento, contaba con una legislación, en la que se especificaban los cargos de cada miembro, así como las tareas que se esperaba que realizaran. Los miembros provenían de Francia y del extranjero; de hecho, una de las figuras principales de la Academia durante su primera etapa fue el holandés Christiaan Huygens, cuyo renombre como matemático y entusiasta de la filosofía cartesiana le situaba entre los mejores físicos matemáticos de Europa. Entre los miembros de la Academia también se encontraba el famoso astrónomo italiano Giovanni Domenico Cassini, el primero de una larga dinastía Cassini que dominaría la astronomía parisina hasta bien entrado el siglo XVIII. En total, los miembros originales de la Academia fueron quince, doce de los cuales eran de nacionalidad francesa (la tercera excepción era el danés Ole Rømer). La promesa de generosos sueldos fue el incentivo principal para atraerlos a París. Huygens, por ejemplo, además de cobrar su salario oficial, fue provisto de alojamiento en el palacio del Louvre. En definitiva, no se reparaba en gastos; se trataba de los filósofos del rey, los filósofos del Estado.

Con respecto al calendario de sesiones, y sobre cómo debían llevarse a cabo las reuniones, también había reglas muy estrictas. Las sesiones regulares consistían en dos encuentros por semana, los miércoles y los sábados, correspondientes a las dos secciones en las que estaba dividida la Academia: la sección «matemática» y la sección «física». Efectivamente, y esto es significativo al respecto de cuáles habían sido los presupuestos filosóficos asumidos al crear la institución, las actividades de los miembros estaban agrupadas de acuerdo a un modelo casi idéntico a la clasificación disciplinar de las universidades (lo cual no hacía sino perpetuar la vieja doctrina aristotélica sobre la diferencia entre estas dos áreas del conocimiento natural). Así, la sección «matemática» estaba dedicada a las ciencias matemáticas: se incluían no sólo (ni siquiera de una manera destacada) las matemáticas puras, sino también, y sobre todo, las matemáticas

«mixtas»; es decir, se estudiaba el conjunto de materias que a lo largo del siglo XVII acabaría conociéndose como «física matemática». Por tanto, la mecánica, la astronomía, la óptica y todas las demás áreas pertenecientes a las ciencias matemáticas clásicas eran competencia de esta sección (Huygens, por ejemplo, trabajaba en todas, en mayor o menor medida). La otra sección, la «física», se reservaba el resto de materias que tenían que ver con el estudio de la naturaleza, es decir, al igual que en el modelo aristotélico, todos los estudios de carácter cualitativo, desde la historia natural y la química a la anatomía.

Según este sistema divisorio, las diferencias entre una sección y otra quedaban bien establecidas. Podía darse algún caso confuso, como el de Huygens, por ejemplo, que en sus investigaciones acostumbraba a proponer explicaciones causales, de corte mecanicista y sin embargo pertenecía a la sección «matemática»; pero esto no supuso problema ni cambio alguno. En realidad, lo singular acerca del trabajo de Huygens es que se centraba sobre todo en áreas de la física matemática donde las relaciones matemáticas entre las cantidades eran determinables empíricamente. Además, como acabamos de indicar, en sus investigaciones tenían cabida las explicaciones de tipo causal[21]. La reivindicación de este tipo de explicaciones causales para las ciencias matemáticas había sido determinante para la difusión de la nueva categoría de «física matemática» (véase capítulo 4), una categoría que en la Academia conservaba su talante específicamente matemático. En cualquier caso, en 1666 Huygens dejó escrito que «la principal tarea de la Asamblea, también la más útil, debe ser, en mi opinión, trabajar en cuestiones de historia natural de la manera propuesta por [Lord] Verulam [Francis Bacon]»[22]. Era una manera de ignorar la división entre las dos secciones. La historia natural baconiana, en un sentido muy amplio, consistía en recopilar «hechos» sobre la naturaleza, y ante un objetivo tan claro, las subdivisiones disciplinares parecían estar de más.

En realidad, esta diferenciación entre sección «matemática» y sección «física» no tenía como finalidad, en absoluto, aislar a un grupo del otro (aunque en la práctica esto pudiese suceder). Los intereses de la Academia eran los intereses de todos sus integrantes. Por ello se

---

[21] Véase capítulo 8, sección primera.

[22] Citado en Roger HAHN, *The Anatomy of a Scientific Institution: The Paris Academy of Sciences, 1666-1803,* Berkeley, University of California Press, 1971, p. 25. [Fuente: HUYGENS, *Oeuvres Complètes,* 22 vols., La Haye, 1888-1950, VI, pp. 95-96.]

esperaba de los miembros de cada sección que, además de asistir a sus propias reuniones, estuviesen presentes en las de sus colegas. De algún modo, la integración de los dos grupos era lo deseado. Esto se ve muy claro en el caso del Observatoire de París, una de las primeras donaciones del Estado a la Academia, inaugurado en 1672 (hoy en día todavía en funcionamiento). Este observatorio astronómico estaba diseñado de manera que todos los *savants* («sabios») de la Academia pudieran beneficiarse de sus servicios e instalaciones (sus sótanos, por ejemplo, estaban equipados para realizar trabajos de laboratorio). En la práctica, sin embargo, los únicos que trabajaban en el observatorio eran Cassini y sus asistentes, y se dedicaban a cuestiones de astronomía. Era un lugar, por tanto, estrictamente «matemático». La investigación natural filosófica en botánica, anatomía y otro tipo de materias se realizaba en el laboratorio de la Bibliothèque du Roi.

Otra faceta del esfuerzo supuestamente colectivo de la Academia era su plan de publicaciones. La idea era presentar los trabajos siguiendo el estilo de la Accademia del Cimento, es decir, no hacer referencia alguna a autores individuales, y mencionar simplemente la autoría de la Academia. El resultado no fue nada satisfactorio (sobre todo para los propios autores), y el plan se fue abandonando gradualmente. Como primera medida se propuso que ciertos trabajos quedaran exentos de la regla del anonimato: ésta fue sustituida por un sistema de revisión por pares que permitía conceder el visto bueno de la Academia sin tener que suprimir el nombre del autor. De esta manera también se dejaba muy claro que la Academia como colectivo no asumía necesariamente la verdad de todas las hipótesis planteadas.

Algo que está muy claro es que la relación entre la Academia parisina y su ostentoso benefactor difería considerablemente del vínculo que unía la Accademia del Cimento con su mecenas. El príncipe Leopoldo participaba directamente en el trabajo experimental de su Academia; de alguna manera, el grupo hacía de elemento mediador entre sus intereses y la sociedad. Luis XIV, por el contrario, apenas estaba interesado en las actividades de su Academia. No era más que una institución gubernamental más, con sus funciones oficiales (por ejemplo, a partir de 1685 en adelante, evaluar solicitudes de patentes para inventos, un deber formalizado en la nueva legislación de 1699). De hecho, Luis XVI no visitó la Academia hasta quince años después de su inauguración, a pesar de que un falso grabado en el nuevo observatorio sugiere lo contrario. La Academia era simplemente una

manifestación de su poder y gloria: «l'état, c'est moi» es su frase célebre, «el Estado, soy yo». Sus funciones eran una contribución a las funciones del Estado, y sus éxitos una contribución a los éxitos del monarca. En este sentido, a finales del siglo XVII la Académie Royale des Sciences era la mejor expresión del tipo de ciencia estatal que Bacon había imaginado y propuesto a principios del mismo siglo.

Curiosamente, como materialización, por decirlo de algún modo, del proyecto de Bacon, la Academia francesa superaba incluso a la más baconiana de todas las instituciones del siglo XVII, la Royal Society de Londres. Esta agrupación, la Royal Society of London for the Improving of Natural Knowledge (Sociedad Real de Londres para el Fomento del Saber Natural), se había fundado en el año 1660, aunque de manera no oficial; hubo que esperar hasta 1662 y 1663 para que se formalizaran sus estatutos reales, hoy en día todavía vigentes. La diferencia principal entre la Royal Society y el resto de instituciones que hemos venido describiendo radica precisamente en la manera en que fue creada. A diferencia de la Accademia del Cimento, que puede describirse como la obra de un aristócrata, el príncipe Leopoldo, interesado por el trabajo filosófico de varios clientes de la Corte toscana, o de la Académie des Sciences, diseñada para ser la organización cultural oficial de Francia, la Royal Society fue concebida por sus miembros fundadores como una sociedad de individuos con ideas afines, interesados en llevar a cabo investigaciones y experimentos sobre fenómenos naturales de manera sistemática y con una finalidad, al menos así se desprende de su retórica, de carácter práctico. Es importante señalar que sólo después de haberse constituido en grupo lograron recibir la aprobación real que les permitiría convertirse en la Royal Society; aparte del título, apenas recibieron ayuda material por parte del Estado[23].

Las fases anteriores a su fundación en 1660 habían sido, primero, una reunión en Londres, en 1645, y después la creación de un grupo, en Oxford, en 1651, llamado *Experimental Philosophy Club*. 1660 fue también el año de la restauración de la monarquía en Inglaterra, tras las guerras civiles de la década de 1640 y el período de interregno con Oliver Cromwell, entre 1653 y 1658. En este sentido, uno de los

---

[23] Recibieron, no obstante, el nada desdeñable derecho a aprobar la publicación de libros, un privilegio que normalmente era exclusivo del gobierno. Véase Michael HUNTER, *Science and Society in Restoration England,* Cambridge, Cambridge University Press, 1981, p. 36, sobre el uso prudente que hicieron de este privilegio.

aspectos más llamativos de la Royal Society en sus comienzos fue su cuidado talante imparcial: convivían antiguos monárquicos con parlamentaristas, e incluso anglicanos con católicos. John Wilkins, por ejemplo, una de las principales figuras de la naciente Royal Society, había sido cuñado del fallecido Oliver Cromwell (esta relación no fue un obstáculo para que años después, en 1668, fuera nombrado obispo de la Iglesia anglicana). Anteriormente, el régimen parlamentarista vencedor le había concedido el cargo de director del Wadham College de Oxford, ciudad donde, ya lo hemos indicado, se formaría el *Experimental Philosophy Club* (del que Wilkins fue miembro). El colectivo de la Royal Society estaba determinado a pasar por alto las discrepancias, religiosas o políticas, que pudieran generar división entre sus miembros. Como escribió Thomas Sprat en su (oficial) *History of the Royal Society,* de 1667, la intención de la Royal Society era dejar de lado «the passions, and madness of that dismal Age» («las pasiones y la locura de aquella sombría Época»), refiriéndose al período anterior a la restauración del reinado de Carlos II[24].

El escaso interés del monarca por la Royal Society (es sabido que se refería a sus miembros como «my fools», y supuestamente los ridiculizaba por intentar pesar el aire) refleja hasta qué punto éste no era un proyecto de mecenazgo personal. El ambiente político de Inglaterra, donde el absolutismo real no había tenido éxito, había generado una situación en la que tanto la autoridad como las competencias estaban muy repartidas; a menor escala, esto se reflejaba en la relación que mantenía el Estado y esta agrupación científica. Sucedía exactamente lo contrario que en el caso de la Francia absolutista.

Una de las consignas de la Royal Society era funcionar en conformidad con la nueva política tras la restauración. La nueva ortodoxia quedaba reflejada en su estatuto real, pero, al mismo tiempo, se promovía una cierta tolerancia, de manera que la institución no quedara asociada a una particular ideología política. Evidentemente, a pesar de todo esto, no se trataba en absoluto de una agrupación dispuesta a recibir a todo el mundo. En muchos sentidos hacía las veces de *gentleman's club,* de uso exclusivamente masculino y accesible sólo a una determinada clase social. En este sentido, es interesante recordar una anécdota muy conocida de esta primera época de la Royal Society: la visita, en 1667, de Margaret Cavendish, duquesa de Newcastle. Margaret Cavendish no sólo era miembro de una familia muy vinculada a la filosofía natural, sino que ella misma era la autora de varios

---

24 Thomas SPRAT, *History of the Royal Society,* Londres, 1667; facsímil reimp. Saint Louis, Washington University Press, 1958, p. 53.

tratados sobre esta materia (aunque con un marcado sesgo anti-experimentalista, similar al de Thomas Hobbes, como veremos en el capítulo 7, contrario al enfoque experimental de la Royal Society). Aun así, y a pesar de ser una mujer, fue recibida con grandes honores y se le permitió asistir a una de las reuniones. Era merecedora de un trato así en virtud de su clase social, que le hacía estar por encima de la mayoría de los miembros de la Royal Society. Anteriormente, personalidades como la reina Cristina de Suecia o la princesa Isabel de Bohemia se habían ganado el trato de Descartes por idéntico motivo (en el caso de Isabel de Bohemia, para beneficio intelectual de éste). Esta deferencia, sin embargo, tenía muchas limitaciones: a Margaret Cavendish, al igual que a Lady Anne Conway, una importante autora de trabajos filosóficos, contemporánea suya, no se le había permitido estudiar en la universidad[25]. Es más, dejando a un lado su condición aristocrática, y a pesar de sus numerosas contribuciones a la filosofía natural, por el hecho de ser mujer Margaret Cavendish nunca fue considerada una potencial candidata a miembro de la Royal Society. Esta institución había adoptado el modelo masculino típico de los colegios de Oxford y Cambridge, del Colegio de Médicos de la Iglesia anglicana y del Parlamento. En este sentido, en el plano de lo social la Royal Society no fue en absoluto innovadora.

Resulta irónico constatar que, a pesar de las restricciones descritas, la Royal Society intentó legitimar su papel en la sociedad inglesa haciendo gala precisamente de la aparente diversidad entre sus miembros. El pretendido ambiente de imparcialidad hacía de la institución un espacio políticamente seguro, tanto desde la perspectiva del gobierno como desde la de otras agrupaciones ya establecidas, recelosas de sus derechos corporativos. Entre estas asociaciones se incluían las universidades (Oxford y Cambridge, todavía las dos

---

[25] Recientemente se han editado algunos de los trabajos de Conway y Cavendish, por ejemplo: Anne CONWAY, *The Principles of the Most Ancient and Modern Philosophy*, ed. de Allison COUDERT y Taylor CORSÉ, Cambridge, Cambridge University Press, 1996, donde se demuestra la relevancia teológica de la filosofía natural; Margaret CAVENDISH, *Grounds of Natural Philosophy*, intro. de Colette V. MICHAEL, West Cornwall, Conn., Locust Hill Press, 1996; CAVENDISH, *Paper Bodies: A Margaret Cavendish Reader*, ed. de Sylvia BOWERBANK y Sara MENDELSON, Peterborough, Ontario, Broadview Press, 2000; CAVENDISH, *The Description of a New World Called the Blazing World and Other Writings*, ed. de Kate LILLEY, Londres, Pickering, 1992, que incluye textos pertenecientes al género de lo fantástico, así como escritos moralizantes. Para más información sobre la participación femenina en la cultura de la filosofía natural, véase capítulo 8, sección primera.

únicas universidades de Inglaterra), y el Colegio de Médicos, donde inicialmente se registraron algunas voces críticas con el proyecto de la Royal Society. Por otro lado, el principal recurso propagandístico de la Royal Society era la ya mencionada obra de Thomas Sprat, *History of the Royal Society* (1667), en la que se hacía resaltar otra supuesta particularidad de la institución: el interés por la dimensión práctica del conocimiento. A este respecto, el proyecto de Francis Bacon, Lord Verulam, era fundamental tanto para la imagen que de sí misma tenía la Royal Society como para la que proyectaba de puertas afuera.

Para la Royal Society era crucial asegurarse de que el nombre de Bacon quedara asociado al suyo propio. El interés de la institución, por ejemplo, en las potenciales aplicaciones prácticas del conocimiento derivaba de una convicción baconiana: su filosofía natural acarrearía enormes beneficios para toda la humanidad en general, y en concreto para la nación inglesa. La retórica baconiana había tenido mucho éxito en las décadas de 1640 y 1650; en particular, se la asociaba con una serie de proyectos de reforma promovidos durante el período de interregno, a cargo de gente de afiliaciones no precisamente monárquicas. Aun así, Bacon siguió siendo un nombre de referencia incluso después de la restauración. Su amplio historial de colaboraciones con regímenes monárquicos contribuyó sin duda a hacer de él una figura fiable en la década de 1660. La escena en el frontispicio de la *History of the Royal Society* de Sprat así lo demuestra: un busto sobre un pedestal, y dos figuras sentadas a los lados. El busto representa a Carlos II, benefactor real de la institución; en el pedestal se le aclama como «Societatis Regalis Author & Patronus» (designación que recuerda en cierta medida al sobrenombre de «Rey Sol»). Una de las figuras sentadas representa al presidente de la Royal Society, Lord Brouncker, un individuo, por decirlo de algún modo, aceptable políticamente, puesto que había acompañado a Carlos II en su exilio, en los Países Bajos, durante los años previos a la Restauración. La otra figura es Francis Bacon, Lord Verulam, descrito como «Artium Instaurator» («Restaurador de las artes»), en referencia tanto a las artes liberales como a las mecánicas (casi todos los ámbitos del saber, en realidad).

Sprat intentaba justificar esta imagen grandiosa mencionando algunos de los éxitos obtenidos por los miembros de la Royal Society durante la breve existencia de la agrupación. Sin embargo, el verdadero escaparate de la Royal Society era en realidad su revista, las



Figura 6.2. Frontispicio de la obra de Thomas Sprat
History of the Royal Society.

Philosophical Transactions. Empezó a ser publicada como parte de un proyecto comercial privado del secretario de la Royal Society (hasta su muerte en 1677), Henry Oldenburg. Oldenburg era un expatriado alemán que había vivido en Inglaterra desde 1653. La revista *Philosophical Transactions,* que comenzó a publicarse en 1665, no era sino una prolongación de su trabajo como «intelligencer» (expresión del siglo XVII), pero enseguida fue asumida como propia por los miembros de la Royal Society; al fin y al cabo, la voluminosa correspondencia administrada por Oldenburg era consecuencia de su cargo oficial como secretario de la institución. De todos modos, las *Philosophical Transactions* no se convirtieron en la revista oficial de la Royal Society hasta mediados del siglo XVIII; desde entonces se conocen con el nombre oficial de *Philosophical Transactions of the Royal Society.*

Los prefacios de Oldenburg a cada volumen anual de la revista constituían un suntuoso despliegue de retórica baconiana. Se resaltaba, además de la dimensión práctica de los trabajos publicados, la manera en que éstos adoptaban el enfoque de Bacon a la hora de investigar «hechos» empíricos. También resulta significativa la ausencia de artículos que pudieran parecer demasiado teóricos, hipotéticos o especulativos (en el capítulo 7 veremos un ejemplo, relacionado con Newton, de los problemas que una política de este estilo podía causar). En realidad, podría decirse que todo esto no era más que un reflejo de lo que sucedía, a un nivel más amplio, en la Royal Society. Los gustos editoriales de Oldenburg eran los mismos que los del resto de miembros. Las actas de las reuniones así lo demuestran: se dejaba constancia de intereses similares a los que inspiraban las *Philosophical Transactions;* de hecho, durante las reuniones era habitual leer y discutir algunas de las cartas enviadas a la Society, que posteriormente Oldenburg se encargaba de publicar.

Entre la producción literaria de la Royal Society también deberían incluirse los libros publicados con el *imprimatur* oficial. Es probable que los más leídos fueran los de Robert Boyle, obras consideradas por muchos como representativas del proyecto de la institución. En este sentido, es interesante señalar que el propio Henry Oldenberg trabajó como editor de las obras de Boyle durante los años 1660 y 1670. La mayoría de estos libros no eran publicaciones de la Royal Society *per se,* pero entre el pequeño número de excepciones merecen destacarse dos: *Micrographia* (1665) de Robert Hooke y los famosos *Principia mathematica* de Newton (1687).

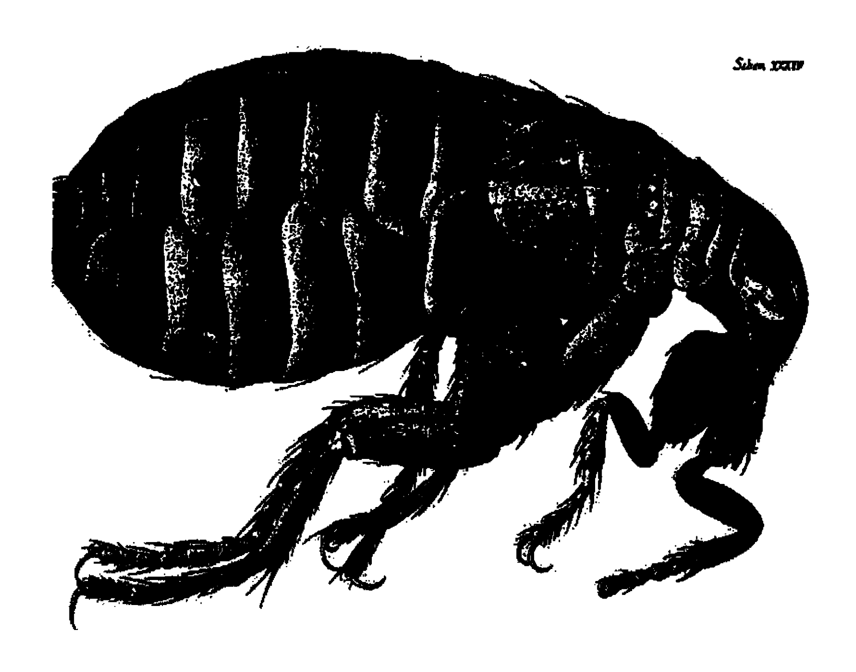


Figura 6.3. Imagen desplegable de una pulga, de la obra
de Hooke *Micrographia.*

Micrographia fue el primer libro ilustrado sobre observaciones realizadas con un microscopio (el libro *Experimental Philosophy,* de Henry Power, miembro de la Royal Society, había aparecido el año anterior, pero prácticamente sin imágenes). Los meticulosos grabados, algunos de los cuales quizás fueran obra de Christopher Wren, otro miembro (fue también arquitecto; diseñó, por ejemplo, la catedral de S. Paul, en Londres), muestran la novedad del mundo visto con el microscopio. Un mundo del que Hooke nos describe algunos detalles: se fija primero en ejemplos del ámbito artístico (el aspecto de los tejidos, de la punta de una aguja, de letras impresas en los libros), para después describir aspectos de la realidad natural (la anatomía de pequeños insectos o las «células», como las denominó, visibles en fragmentos de caucho). Al respecto del primer grupo de observaciones, sorprendía el aspecto tosco y burdo de objetos normalmente considerados finos y delicados. Al mismo tiempo, sorprendía también, pero en un sentido totalmente diferente, la extra-

ordinaria delicadeza oculta de la naturaleza. Una era la obra del hombre, y la otra, obra de Dios; ahí estaba la diferencia.

La publicación de la segunda obra mencionada, los *Principia mathematica* de Newton, en realidad constituyó algo fuera de las posibilidades de una Royal Society no excesivamente favorecida en el aspecto económico. Uno de los motivos más serios de queja por parte de los miembros era el hecho de que ellos, a diferencia de sus homólogos en la Academia francesa, no se beneficiaban de las subvenciones estatales, y por lo tanto dependían del dinero de las cuotas. Esta dependencia era problemática, puesto que a menudo los pagos se atrasaban (y a veces ni se pagaban). Así, la escasez de fondos a mediados de la década de 1680 obligó a Edmund Halley (el cometa Halley es llamado así en su honor) a pagar de su propio bolsillo la publicación de los *Principia*. Por ello fue compensado con numerosas copias de la obra que había mermado el presupuesto: *Historia piscium* (*Historia de los peces*), de Francis Willoughby («historia» aquí se refiere al sentido baconiano de compendio de «historia natural»).

La labor editorial de una institución del tipo de las que hemos descrito en esta sección constituía uno de los aspectos más significativos de los nuevos espacios sociales abiertos en este período. Cada vez que un libro aparecía con el sello de cualquiera de estas agrupaciones se acentuaba aún más la independencia de éstas con respecto a las universidades. Y lo que es más: al gozar del apoyo del Estado estos libros no sólo acarreaban el peso y la autoridad de la ortodoxia intelectual, sino también el peso y la autoridad de la ortodoxia política.

Finalmente, es importante mencionar otro de los «espacios» donde la naturaleza podía ser sometida a estudio: la casa. En años recientes muchos historiadores de la ciencia del período temprano-moderno se han dedicado a examinar las diferentes maneras en que el espacio doméstico era aprovechado para tales propósitos (incluyendo estudios sobre el papel desempeñado por las mujeres y los sirvientes, los colectivos más marginados de la época en términos de contribución a la producción de conocimientos). Aunque a primera vista pudieran parecer espacios poco relevantes, las casas, las residencias particulares y sus estructuras funcionales internas crearon numerosos focos de actividad científica, donde tanto el estatus social del filósofo natural en cuestión como el tipo de recursos (materiales, económicos, sociales) con los que éste contaba resultaban ser factores determinantes de cara a la legitimación, y aprobación por parte de otros, del conocimiento generado.

Instituciones para conquistar espacios: la historia natural y el dominio europeo sobre el mundo

Las exploraciones españolas a las Américas, así como los viajes a otras regiones desconocidas, provocaron la expansión del mundo Europeo no sólo desde una perspectiva geográfica, sino también en un sentido intelectual y logístico. En el siglo XVI un mapa del mundo contenía más *lugares* reconocidos que antes, más lugares de algún modo acreditados; espacios reales a donde era posible viajar. Pero, al mismo tiempo, también mostraba *algo* desconocido hasta entonces (puntos, regiones, etc.) a lo que era difícil dar cabida; algo cuya distancia era difícil de asimilar. ¿Cómo podía un europeo conocer este mundo transformado? Hasta entonces, los textos antiguos habían descrito todo aquello que se creía existente: el astrónomo Ptolomeo, en su importante trabajo *Geografía,* había sentado las bases del saber geográfico. Sin embargo, este saber no se refería más que a Europa y a las zonas del Mediterráneo. Los viajes recientes habían descubierto que existían muchas otras regiones, y ante la expansión del comercio por todo el mundo se hacía necesario conocerlas y controlarlas. Los textos de autores clásicos como Aristóteles y su sucesor Teofrasto (ambos dedicaron similares esfuerzos a detallar la fauna y la flora del mundo) estaban totalmente desfasados. A raíz de esto, un problema que se planteó fue decidir si el marco teórico de la antigüedad era todavía válido, es decir, si bastaba simplemente con añadir nuevos tipos de plantas y animales a los sistemas de clasificación e interpretación antiguos. Al mismo tiempo, surgió otro problema en relación con la producción de nuevos conocimientos en historia natural: ¿en base a qué autoridad y de qué manera se iban a incorporar al corpus de saberes establecidos las descripciones de nuevos organismos?

Si la ciencia europea deseaba abarcar el mundo primero necesitaba traerse consigo ese mundo de vuelta a Europa. Si los conocimientos adquiridos acerca de lugares como América del Sur no eran traídos de vuelta no podían incluirse en el compendio de verdades que constituía el legado del saber europeo. En general se trataba de conocimientos sobre detalles particulares, no verdades de carácter universal: cierta especie de planta, de animal, o incluso de roca, que sólo podía hallarse al otro lado del mar. En este sentido, podría decirse que a finales del siglo XVI y principios del XVII la Compañía de Jesús contaba con la red internacional de contactos y comunica-

ciones más completa y mejor elaborada del mundo. Por ejemplo, un dato concreto: a los jesuitas misioneros destinados en lugares tan remotos como China o Canadá se les pedía que informaran a sus superiores en Europa de manera regular, sobre temas relacionados con aquellas regiones. Se trataba de información que podía ser utilizada para establecer relaciones comerciales (no siempre era así), y que en algunos sectores se aprovechaba para extraer conocimientos con fines filosóficos. Durante el siglo XVII, de entre todos aquellos que hicieron uso de este complejo entramado de comunicaciones, el más importante sin duda fue el padre jesuita Athanasius Kircher (1601-1680). Los intereses de Kircher, miembro del *Collegio Romano* y director de su famoso museo, eran ilimitados. En su voluminosa correspondencia con otros jesuitas repartidos por todo el mundo no sólo se discutían cuestiones científicas, también se hacía referencia a culturas de todos los lugares del mundo (sus lenguajes, sus creencias, sus prácticas, de entonces y de tiempos pasados). El hecho de que ocupara una posición central en esta red de correspondencia (que, obviamente, también incluía a individuos ajenos a la orden) es sólo un aspecto de su enorme contribución a la organización y clasificación del conocimiento que llegaba desde el extranjero. Basándose en este material, Kircher escribió tratados enciclopédicos sobre todo tipo de saberes y fue capaz de formular ideas verdaderamente novedosas. Por citar sólo un ejemplo, él fue el primero en elaborar un mapa que mostrara las corrientes de los océanos. No obstante, los proyectos de Kircher estaban demasiado vinculados a su persona y a sus intereses como para poder ser desarrollados con cierta continuidad en un entorno institucional y a largo plazo. Lo mismo sucedió con otros autores jesuitas que aprovecharon la organización de su orden con similares fines científicos. No obstante, el hecho de que este tipo de proyectos pudieran llevarse a cabo demuestra la estrecha relación que existía entre las redes administrativas, por un lado, y las redes científicas, con su capacidad para generar un conocimiento integrador de carácter global, por otro. Un ejemplo del uso de la ciencia para promover otro tipo de intereses, en este caso diplomáticos y espirituales, es el del misionario jesuita del siglo XVII Matteo Ricci, que hizo valer sus conocimientos matemáticos (fruto de la tradicional dedicación de su orden a las ciencias matemáticas, según vimos en el capítulo 4) para ganarse el respeto de la Corte de China y establecerse allí. Otros ejemplos son las redes de comercio (y las redes militares asociadas a ellas) esta-

blecidas por los gobiernos, o por compañías autorizadas, como la Dutch East India Company (Compañía Holandesa de Indias Orientales), fundada en 1602.

El comercio sin duda fue una de las principales fuerzas impulsoras en los procesos de institucionalización del saber, un saber diseñado para promover el dominio de Europa sobre el mundo. Los casos de Holanda (que se convirtió en la mayor potencia mercantil a principios del siglo XVI) y Francia muestran muy bien de qué manera la expansión geográfica en este período desempeñó un papel fundamental en relación con la expansión, a un nivel más amplio, de las estrategias de control y gestión de los nuevos conocimientos adquiridos (conocimientos de carácter técnico, científico, etc.). Pero antes de examinar estos casos, hagamos un breve repaso sobre la situación de otras potencias europeas durante el siglo XVI, Italia por ejemplo.

A partir de la segunda mitad del siglo XVI en adelante, en ciertas regiones de Italia empezaron a construirse numerosos museos de historia natural y jardines botánicos. La finalidad de estas colecciones y de estos espacios no es fácil de determinar a simple vista. Veamos, por ejemplo, el caso de Ulisse Aldrovandi, naturalista italiano que durante estos años construyó un museo para su colección privada y al mismo tiempo se dedicó a crear un jardín botánico en Bolonia. El segundo de los dos proyectos es más fácil de justificar que el primero. Los jardines botánicos eran espacios con una larga historia (por su asociación, por ejemplo, con los monasterios). Su *raison d'être* era farmacéutica: los remedios a base de hierbas eran fundamentales para la *materia medica* de entonces. El primero de los nuevos jardines botánicos italianos fue creado en la universidad de Pisa, en 1543. En las dos décadas siguientes, el número aumentó considerablemente (promovidos por otras universidades importantes, o por particulares, como en el caso de Aldrovandi). Este aumento se produjo como consecuencia, en gran medida, de la repentina llegada, desde el extranjero, sobre todo desde el Nuevo Mundo, de nuevos tipos de plantas. El problema con la presencia de todas estas nuevas especies, que, por desconocidas, no podían haber desempeñado función alguna en las medicinas antigua y medieval, era que ponía en entredicho, de alguna manera, la autoridad de los antiguos. El ejemplo del museo de historia natural de Aldrovandi es muy claro: como proyecto intelectual, la historia natural estaba basada en los textos clásicos; sin embargo, los viajes de exploración y sus consecuencias estaban expandiendo los límites de la disciplina. ¿De qué manera podían los textos clásicos

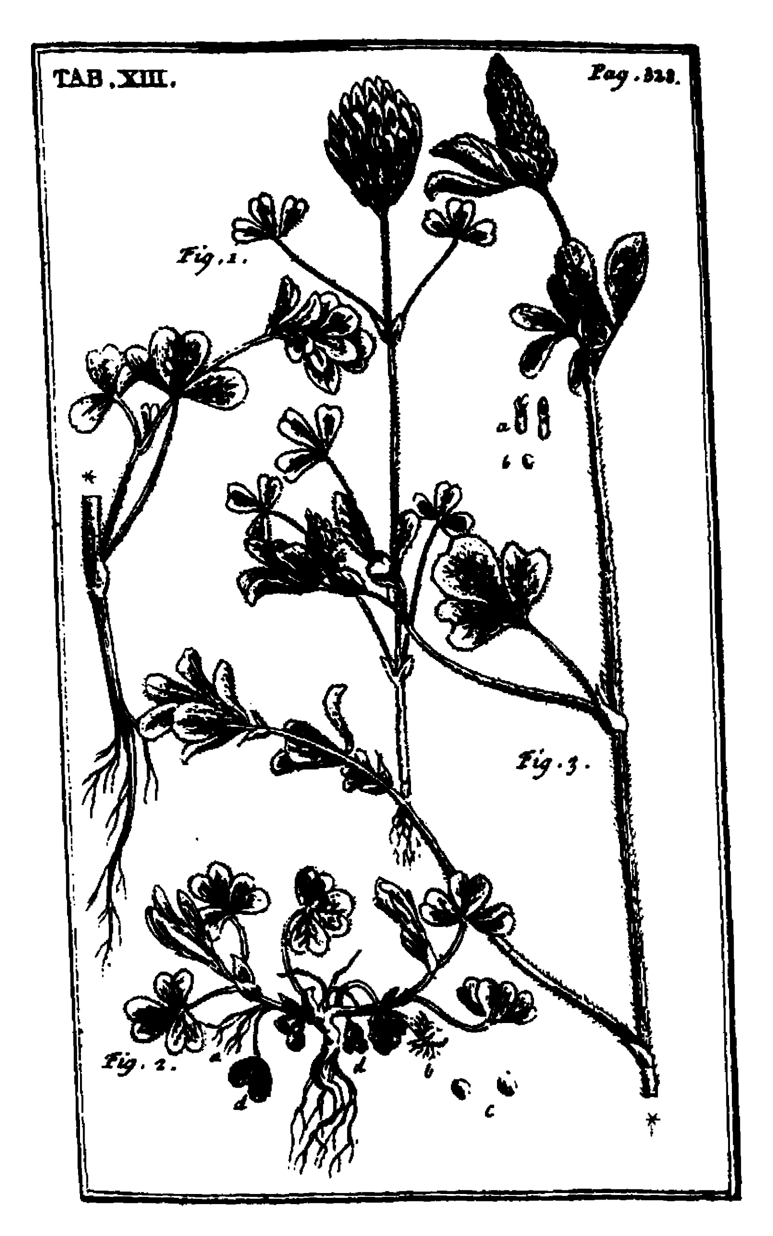


Figura 6.4. Ilustración de un trébol, de la obra de John Ray *Synopsis Methodica Stirpium Britannicarum* (1.ª ed., 1690; ilustr. en la 3.ª ed., 1724), donde se muestra tanto la representación naturalista, como las características taxonómicas más importantes.

servir de guía para coleccionistas como Aldrovandi? ¿Cómo debían organizarse estas colecciones, estos museos?

Aunque pueda parecer irónico (por otro lado, no debería sorprendernos), la reacción generalizada de coleccionistas y creadores de museos ante la llegada a Europa, a lo largo del siglo XVI, de estos nuevos mundos no fue modificar los modelos cognitivos vigentes, sino, al contrario, mantenerlos e intentar dar cabida en ellos a los nuevos fenómenos. A la hora de explicar, por ejemplo, el descubrimiento en tierras remotas de otros seres humanos, se buscaba una interpretación de los relatos tradicionales sobre el origen del hombre y su expansión por el mundo (basados en la Biblia) que se amoldase a las nuevas circunstancias. ¿Tenían alguna relación los pueblos de las Américas con las tribus perdidas de Israel? ¿Podían estar vinculados a los hijos de Noé, que habían repoblado el mundo después del diluvio universal? ¿O acaso eran (una hipótesis poco defendida, por herética) descendientes de la gente que había vivido antes que Adán, apartados de la principal línea genealógica de la Biblia? De un modo parecido, los historiadores naturales no creían que sus nuevos objetos de estudio violaran las leyes clásicas; por ello, las nuevas plantas y los nuevos animales eran estudiados según los modelos de la antigüedad. Entre ellos, el más práctico era el que el escritor romano del siglo I d. C., Plinio el Viejo, había propuesto en su obra *Historia Natural*. La gran ventaja de este texto era su falta de enfoque sistemático, por lo que no contenía generalizaciones que los nuevos descubrimientos pudieran contradecir. En cambio, proporcionaba un modelo sobre cómo referirse a nuevas especies y la manera de describirlas; incluía, además, comentarios sobre sus posibles significados emblemáticos, culturales, así como sus posibles usos.

La principal institución francesa dedicada a la historia natural era el *Jardin du Roi* («Jardín del Rey», también llamado *Jardin des Plantes*), en París. Fue fundado durante la primera mitad del siglo XVII, imitando el modelo de jardín botánico italiano, es decir, diseñado con fines médicos. El primer intento por parte de Francia de construir un jardín botánico al estilo italiano, vinculado a una universidad, había sido el jardín de Montpellier, construido en 1593 a petición del entonces rey Enrique IV. A pesar de las fuertes críticas por parte de la facultad de medicina, un jardín igual fue construido en París, gracias a los esfuerzos de Guy de La Brosse, médico al servicio de Luis XIII. (El edicto real sobre su fundación fue publicado en 1635.) Al igual que sucedía con los jardines italianos, el propósito

del *Jardin du Roi* era conservar y reproducir, con fines medicinales, una amplia variedad de plantas. Desde un punto de vista académico, su misión era clasificar el gran número de hierbas medicinales que no habían sido estudiadas por el botánico griego Dioscorides (bien porque sólo crecían en la Europa septentrional o porque procedían del Nuevo Mundo). Como en el ejemplo de Plinio, el modelo de Dioscorides no quedaba invalidado por las novedades: las aparentes carencias y defectos en su sistema se interpretaban como puntos de partida desde donde continuar su labor. Debido a que Guy de La Brosse era un defensor de los novedosos, y heterodoxos, remedios químicos que durante el siglo XVI había promovido Paracelso, el *Jardin* también estaba equipado con un laboratorio de química.

En el primer catálogo publicado del *Jardin du Roi,* de 1636, aparecen registradas más de 1.800 plantas. Esta cifra tan alta es una muestra de las dificultades, al respecto de la gestión taxonómica, que estaba empezando a experimentar la botánica europea; esfuerzos que a finales del siglo XVII darían como resultado sistemas tan elaborados como el de John Ray en Inglaterra o Joseph Pitton de Tournefort en Francia (y, posteriormente, alrededor del año 1730, el proyecto del sueco Carl Linnaeus). De todos modos, el impacto del Nuevo Mundo en la práctica de la botánica había supuesto algo más que un aumento del número de especímenes a estudiar. En primer lugar, es importante señalar que la propia acción de coleccionar había cambiado: Aldrovandi y otros botánicos italianos del siglo XVI fueron los primeros en coleccionar *ejemplares* concretos de plantas, en lugar de limitarse a describirlas *in situ.* Si la historia natural se concebía como un saber centrado en colecciones de especímenes de distinta procedencia, éste era un paso crucial que había que dar. También era relevante en relación con el modo de clasificar las plantas: se podían utilizar nombres ordenados de acuerdo a sistemas taxonómicos de carácter universal, es decir, válidos en cualquier lugar.

El impacto fue también de orden psicológico. Las comparaciones entre la extensión del conocimiento natural y el aumento de los conocimientos geográficos (como las que había sugerido Francis Bacon) transformaron la percepción del mundo. Alrededor del año 1639, el diplomático holandés Constantijn Huygens, padre del físico matemático Christiaan Huygens, escribió lo siguiente acerca del uso de las lentes de aumento:

20 HISTORIA PLANTARUM.

Flos est vel

- *Perfectus*, qui petalis, stylo & staminibus constat; estque vel
  - *Simplex*, qui in flosculos non dividitur, isque vel
    - *Monopetalos*, qui unico petalo sive lamina continuâ constat, ut in *Convolvulo*, *Campanula*, &c. estque vel
      - *Uniformis*, qui dextram partem sinistræ, & anteriorem posteriori similem, inferiorem superiori dissimilem obtinet, ut in *Convolvulo*. Estque margine vel
        - *Integro*, ut in *Convolvulo*.
        - *In lacinias fisso*, differentes
          - *Numero*, in nonnullis sci. tres, in aliis quatuor, vel quinque, vel sex laciniæ sunt.
          - *Figurâ*, vel angulosâ, vel rotundâ.
      - *Difformis*, cujus non tantùm superiora ab inferioribus, sed & anteriora à posticis differunt, éstque vel
        - *Semifistularis*, ut in *Aristolochia*.
        - *Labiatus*, labio
          - *Unico*, eóque vel *superiore*, ut in *Acantho sativo*; vel *inferiore*, ut in *Scordio*, &c.
          - *Duobus*, superiore vel
            - *Reflexo* sursum, ut in *Chamæcisso*.
            - *Convexo* sive deorsum reflexo, sive galeato, ut in *Lamio* & plerisque Verticillatis.
        - *Corniculatus* corniculo seu calcaneo concavo & impervio retrorsum extenso, ut in *Delphinio*, *Linaria*, &c.
    - *Polypetalos* sive multifolius est qui pluribus petalis in unica serie aut circulo dispositis componitur; éstque vel
      - *Uniformis*, in quo petala, figurâ & situ conveniunt, quamvis magnitudine interdum differant; éstque vel
        - *Dipetalos*, ut in *Circæa Lutetiana*.
        - *Tripetalos*, ut in *Plantagine aquaticâ*.
        - *Tetrapetalos*, ut in *Leucoio*, *Brassica*, *Thlaspi*, &c.
        - *Pentapetalos*, ut in *Lychnide*, *Caryophyllo*, *Alsine*, &c.
        - *Hexapetalos*, ut in Bulbosis. *Polypetalos* in aliis.
      - *Difformis*, ut in *Viola*, *Papilionaceis*, &c.
  - *Compositus*, qui ex pluribus flosculis, quorum singuli singulis insident seminibus, in unum totalem florem coeuntibus constat; éstque vel
    - *Discoides*, in quo flosculi breves, arctè compressi unam quasi planam superficiem componunt, ut in *Calendula*, &c. est vel
      - *Radiatus*, limbo vel margine foliorum planorum discum cingente; foliis marginalibus vel *frontatis*, fronte *crenatâ*, ut in *Calendula* & pappossis lactescentibus, *æquali*: vel *cuspidatis*, ut *Ptarmica Austriaca* Clus.
      - *Nudus*, qui petalis illis seu flosculis marginalibus caret, ut in *Tanaceto*, &c.
    - *Naturâ plenus*, ut in Papposis lactescentibus.
    - *Fistularis*, ut in Capitatis dictis, *Jacea*, *Carduo*, &c.
- *Imperfectus*, qui harum partium aliqua caret.

Figura 6.5. Lista de diferencias taxonómicas, empleada para clasificar plantas independientemente de su lugar de procedencia. De la obra de John Ray *Historia Plantarum* (1686).

> «Al discernirlo todo con nuestros ojos igual que si lo estuviésemos tocando con nuestras propias manos, nos paseamos por un universo de criaturas diminutas, hasta ahora desconocido, como si se tratase de un continente de nuestro mundo recién descubierto»[26].

Según esta concepción, el mundo natural era un espacio inmenso abierto a la investigación, un espacio cuyos límites se alejaban conforme se iba avanzando. Las consecuencias de esta percepción pronto se hicieron notar, en un plano institucional, en numerosos países europeos. La propia concepción de Bacon al respecto de la filosofía natural entendida como descubrimiento le había llevado, como ya vimos, a proponer a la reina Isabel la construcción de un jardín botánico, entre otros proyectos, como parte de un plan más amplio de investigación a nivel estatal[27]. En Italia, por otro lado, el nombre mismo de la Accademia dei *Lincei* enfatizaba la misma analogía visual empleada, de manera más literal, por Constantijn Huygens.

La apertura y expansión de este mundo asociado a los descubrimientos geográficos de los siglos XV y XVI estimularon el desarrollo de instituciones dedicadas a la búsqueda de conocimiento, un conocimiento acumulativo, sobre el mundo natural; es decir, instituciones dedicadas a la *investigación*. La propia tarea de investigar implicaba que había algo que *averiguar*. Esto que había que investigar era la dimensión práctica del conocimiento. Una dimensión práctica que, según Bacon, además de servir para suscribir la verdad de ciertos saberes, tenía también un gran valor en sí misma. Por ejemplo, en relación con temas como el comercio, o la mejora de la industria y la agricultura, objetivos centrales de los intentos de reforma que se vivieron en Inglaterra a mediados del siglo XVII (a cargo de los supuestos grupos «baconianos» que más adelante, a partir de 1660, serían evocados por la nueva Royal Society).

La noción de investigación estaba también directamente relacionada con la idea de descubrir. La noción de «descubrimiento» no hacía referencia únicamente al hecho de averiguar algo desconocido previamente: un territorio o una nueva forma de análisis matemático

---

[26] Citado en Svetlana ALPERS, *The Art of Describing: Dutch Art in the Seventeenth Century*, Chicago, University of Chicago Press, 1983, p. 17.

[27] Véase capítulo 3, sección tercera.

(el término era empleado en ambos casos). Significaba también reunir ciertos conocimientos e integrarlos en un *sistema,* de modo que pudiese ser aprovechado de una manera efectiva (como parte del bagaje común de la cultura europea). Este bagaje, este depósito del saber, no podía ser compartido por todos, puesto que se requería un alto nivel de organización para poder dominarlo. Entre las instituciones que persiguieron este objetivo, las más importantes, con mucha diferencia, fueron los gobiernos y sus agencias. Es verdad que agrupaciones como la Royal Society de Londres o, sobre todo, la Académie Royale des Sciences de París, eran dos de los primeros organismos gubernamentales específicamente dedicados a «cuestiones científicas». Sin embargo, hacía tiempo (desde el siglo XV) que las cuestiones científicas (camufladas bajo otros nombres: comercio, diplomacia, colonización, etc.) venían desempeñando su papel en aquella Europa en expansión. El resultado más visible de esta conjunción de saberes y prácticas (anterior a la fundación de academias y sociedades) fue la creación de redes globales europeas, que en apenas unas décadas acabarían dominando el mundo.

Capítulo 7

Conocer la naturaleza: la experimentación en el siglo XVII

Reconfigurar la experiencia

Aristóteles había afirmado, de manera inequívoca, que todo nuestro conocimiento procede de la experiencia. Esta idea fue perpetuada y repetida por el aristotelismo escolástico, de manera que el aforismo «nada hay en la mente que no haya estado antes en los sentidos» se convirtió en una máxima filosófica estándar durante la Baja Edad Media[1]. A pesar de esto, muchos filósofos no-aristotélicos del siglo XVII criticaron las doctrinas del saber escolástico precisamente por *ignorar* el papel de los sentidos. Francis Bacon no fue el único en creer que Aristóteles «había comenzado por establecer principios generales, sin consultar la experiencia y fundar legítimamente sobre ella los principios, y después de haber decretado a su antojo las leyes de la naturaleza, hizo de la experiencia la esclava violentada de su sistema»[2]. La de Bacon era una percepción muy extendida: se consideraba que la filosofía aristotélica estaba centrada en cuestiones de lógica y otras sutilezas lingüísticas, y dejaba a un lado el problema de comprender la realidad según era percibida por los sentidos. La retórica de la (baconiana) Royal Society asumió también esta particular interpretación del aristotelismo; desde su entorno no eran infrecuentes las alusiones, despectivas, a la obsesión escolástica por las palabras y no por las cosas.

---

[1] Véase Paul CRANEFIELD, «On the Origins of the Phrase *Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu*», *Journal of the History of Medicine*, 25 (1970), pp. 77-80.

[2] BACON, *Novum Organum*, I, 63, pp. 53-54.

Al igual que muchos otros, Galileo había intentado llamar la atención sobre este problema, que él interpretaba como un defecto, una carencia, de la escuela oficial de filosofía. En su *Dialogo* de 1632, por ejemplo, Galileo detalla cómo Simplicio (el personaje aristotélico) intenta explicar la caída de los graves haciendo referencia a su *gravedad.* Salviati, que habla de parte de Galileo, responde ridiculizando el uso de una *palabra* como explicación. ¿Qué hace que las cosas caigan hacia abajo? «La causa de este efecto,» dice Simplicio, «es conocidísima, y todos saben que es la gravedad». «Os equivocáis, señor Simplicio. Deberíais decir que todos saben que se llama gravedad. Pero yo no os pregunto por el nombre, sino por la esencia de la cosa. De esta esencia vos no sabéis ni un poco más de lo que sabéis de la esencia del motor de las estrellas en su giro»[3].

¿Por qué la filosofía natural de Aristóteles era caracterizada por sus críticos como un saber centrado en palabras vacías, indiferente ante el problema de la experiencia? Las respuestas a esta pregunta servirán para aclarar lo que supuso, a lo largo del siglo XVII, el nuevo énfasis puesto en un conocimiento de carácter experimental. Como vimos en el capítulo 1, sección primera, el objetivo principal de la filosofía aristotélica no era *descubrir* sino *comprender.* Aristóteles, muy interesado en todo tipo de datos empíricos (esto quedó especialmente reflejado en sus escritos sobre zoología), ansiaba por encima de todo resolver el problema de cómo comprendernos a nosotros mismos, y al mundo que nos rodea. Así, en sus escritos filosóficos más abstractos, por ejemplo la *Metafísica,* o en sus textos sobre lógica, las cuestiones sobre los sentidos quedan relegadas a un segundo plano; las preguntas centrales son cómo argumentar, cómo comprender, de qué manera debemos interpretar nuestras experiencias, etc. En los *Analíticos Segundos* sobre todo, Aristóteles intenta mostrar de qué modo una ciencia ideal podría dar cuenta de las verdades empíricas; no se interesa en alguna verdad empírica en particular, ni siquiera en cómo obtenerlas. Su modelo, por tanto, daba por supuestas las verdades empíricas y se centraba únicamente en la explicación. Esto fue algo que los continuadores de Aristóteles incorporaron a su modelo de ciencia natural (aristotélica). De esta

---

[3] Galileo GALILEI, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems,* trans. de Stillman Drake, Berkeley, Univ. of California Press, 1967, p. 234. [Traducción en castellano: GALILEO, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano,* ed. de Antonio BELTRÁN MARÍ, Madrid, Alianza Editorial, 1994, p. 205.]

manera, según todos ellos, en el mundo de Aristóteles no había innumerables realidades nuevas por descubrir: había innumerables realidades, la mayoría ya conocidas, que había que *explicar*[4]. Por lo que parece, el propio Aristóteles habría estado en desacuerdo con esta interpretación; pero eso es irrelevante ahora. Lo que importa es que sus seguidores en la Europa medieval y temprano-moderna interpretaron de esta manera sus textos (al menos los que consideraron interesantes y aptos para la enseñanza).

En este sentido, para un aristotélico un hecho empírico normalmente expresaba algún tipo de información sobre el (funcionamiento del) mundo. «Los graves caen» era un ejemplo habitual. Proposiciones de este tipo se usaban como referentes incuestionables en las explicaciones (en el caso de «Los graves caen», la explicación estaría referida a los elementos terrestres, su movimiento natural, su causa final y la estructura del cosmos)[5]. Estas proposiciones estaban formuladas de una manera general, es decir, no hacían referencia a experiencias concretas ni a momentos específicos. Uno no decía «este objeto cayó después de que lo dejara caer»; uno decía simplemente «todos los cuerpos pesados caen» (expresando, implícitamente, «así es cómo funciona la realidad»). Al no hacer referencia a casos particulares, no era posible cuestionar una afirmación universal de este tipo, referida a cómo se comportan *todos* los graves. Se daba por supuesto que las personas, por su propia experiencia, sabían que esto era verdad. La misión del filósofo, según Aristóteles, era demostrar *por qué* era verdad; es decir, proporcionar las explicaciones causales adecuadas con el fin de demostrar, en el caso ideal, por qué la proposición en cuestión era necesariamente verdadera dadas las correspondientes circunstancias. Evidentemente, sobra decir que los casos ideales eran prácticamente inexistentes.

Como parte de nuestro intento por comprender el dominio del enfoque aristotélico en relación con este tipo de cuestiones, debemos tener en cuenta el hecho de que incluso entre los presupuestos teóricos de aquellos filósofos más contrarios al escolasticismo se encontraban implícitos los planteamientos de Aristóteles. Por citar un caso conocido, la noción aristotélico-escolástica de *experiencia* formaba parte del aparato conceptual de las célebres investigaciones de

---

[4] Véase capítulo 6, sección quinta, sobre la noción de «descubrimiento» en el siglo XVII.

[5] Véase capítulo 1, sección primera.

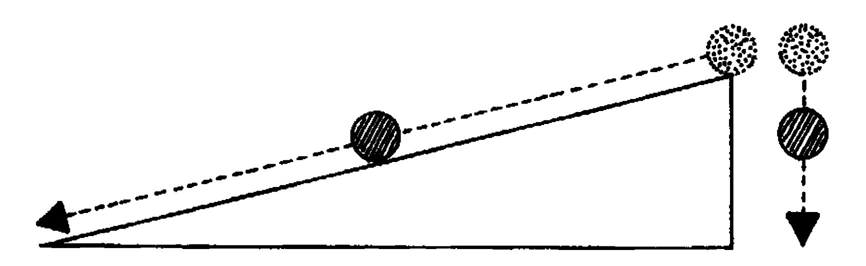


Figura 7.1. Esquema que muestra cómo Galileo empleó el plano inclinado para reducir, y así poder medir mejor, la aceleración de un cuerpo en descenso.

Galileo sobre la caída de los graves (publicadas finalmente en los *Discorsi* de 1638, aunque la mayor parte del trabajo había sido completada en 1609)[6]. Así, por ejemplo, en un determinado paso de su argumentación, Galileo trata de mostrar el carácter de verdad de la siguiente experiencia: un cuerpo en caída libre acelera a medida que desciende, de modo que la distancia con respecto al punto de partida aumenta de forma directamente proporcional al tiempo transcurrido. La descripción de esta experiencia adopta el formato de una generalización aristotélica estándar, es decir, describe cómo la realidad funciona en general. Galileo, por tanto, no se está refiriendo a un experimento, o conjunto de experimentos, concretos, llevados a cabo en un momento determinado. Por el contrario, simplemente señala que, empleando los materiales adecuados, y tras intentarlo «más de cien veces», había descubierto que los resultados obtenidos al medir el tiempo de descenso de una bola rodando por un plano inclinado coincidían con sus predicciones. La expresión «más de cien veces» (de uso común, aunque formulada de diferentes formas, en los textos escolásticos de entonces) realmente significa «innumerables veces». Lo que Galileo pretendía era convencer a sus lectores de que los resultados obtenidos se adecuaban a la experiencia. Su problema, sin embargo, era que la experiencia concreta que él deseaba que sus lectores aceptaran no era en realidad una experiencia bien conocida, que pudiera resultarles familiar.

Éste era uno de los problemas a los que se enfrentaban aquellos filósofos (cada vez más numerosos) que pretendían fundamentar sus

---

[6] Sobre las primeras fases de esta investigación, véase capítulo 4, sección segunda.

argumentos filosóficos haciendo referencia a casos experimentales concretos. Cuando un fenómeno natural era conocido no había problemas a la hora de incorporarlo a un argumento filosófico, ya que era poco probable que alguien cuestionara su validez. Por el contrario, si el fenómeno no resultaba familiar, y sólo se podía observar tras cuidadosos e inusuales procesos experimentales, ¿en qué medida estaba legitimado el filósofo natural para incorporarlo a sus explicaciones causales? Volviendo al caso de Galileo, su objetivo era hacer creer a sus lectores que la realidad funcionaba como él decía que funcionaba. Obviamente, no podía dar por supuesta la predisposición de sus lectores a aceptar la verdad de sus afirmaciones (en este caso, sobre el movimiento uniformemente acelerado en caída libre); pero, al mismo tiempo, no podía permitir que las repuestas dependieran de otro criterio que el suyo. Por otro lado, era posible que su autoridad personal e institucional llevara a muchos lectores a aceptar sus propuestas, pero no por ello habrían sido más *científicos* sus razonamientos. Se trataba de un modelo de demostración científica típicamente aristotélico: una verdadera explicación científica debía tener carácter demostrativo, como las pruebas en matemáticas; además, debía deducirse a partir de proposiciones simples que fueran aceptadas como verdaderas desde el principio, como en el caso de los teoremas matemáticos de Euclides.

Euclides había empleado como punto de partida expresiones del tipo «Si a cosas iguales se quitan cosas iguales, los restos son iguales también». La idea era que estas expresiones fuesen tan intuitivamente obvias que nadie las pudiera negar. De la misma forma, cuando los filósofos naturales aristotélicos basaban sus razonamientos en proposiciones de carácter empírico, como «el sol sale por el este», o «los graves caen», también confiaban en la imposibilidad de negar tales verdades; se podía esperar que todo el mundo las aceptara[7]. Los resultados experimentales, por el contrario, no eran tan convincentes. A esto se debe que, en el caso mencionado, Galileo tratara de presentarlos como algo rutinario: afirmar que los resultados correspondían a pruebas realizadas «más de cien veces» era una forma de expresar «las cosas *siempre* suceden de esta manera», de modo que el lector así lo creyera.

---

[7] Por supuesto, este tipo de proposiciones, tanto filosóficas como matemáticas, podía ser objeto de las críticas de los filósofos escépticos; véase capítulo 5, sección primera.

René Descartes se encontró con dificultades similares. Al igual que Galileo, su manera de afrontar el problema de cómo lograr que sus lectores le creyeran fue negarse a aceptar el problema como tal. Así, en el *Discurso del método* (1637) invita a otra gente a ayudarle en su trabajo «contribuyendo cada uno, según sus inclinaciones y poder, a realizar las experiencias [*expériences,* «experimentos»] que fueran necesarias»[8]. El poder de sus principios explicativos era tal que se veía obligado a realizar experimentos. Para cada fenómeno natural, como él mismo afirmaba, podía imaginar más de una explicación posible; los experimentos, por tanto, servían para determinar cuál de estas posibles explicaciones era la verdadera. Descartes estaba empeñado en realizar él mismo todo el trabajo experimental, pues el hecho de recibir información sobre ciertos fenómenos de otros individuos podía conducir a explicaciones confusas y parciales. En caso de no poder llevar a cabo el trabajo requerido, estaba dispuesto a pagar a artesanos para que lo hicieran (el incentivo económico garantizaría que éstos hicieran lo que él ordenase). En realidad, a Descartes únicamente le preocupaba convencerse a sí mismo. Adoptando una postura sumamente egoísta evitaba el problema de convencer a sus lectores: lo que resultaba convincente para él debía serlo para todos.

La experimentación matemática

Cuestiones como éstas eran especialmente relevantes en el ámbito de las ciencias matemáticas. Las consideraciones de carácter metodológico que habían propiciado el surgimiento, a lo largo del siglo XVII, de numerosas «físicas matemáticas» también ponían de manifiesto ciertas dificultades relacionadas con la manera de proceder experimentalmente de esta disciplina[9]. La práctica de las ciencias matemáticas mixtas desde la antigüedad había comportado el uso de instrumentos especialmente diseñados para observar fenómenos naturales que la experiencia cotidiana no mostraba. Así, la astronomía venía empleando instrumentos especializados de observación para medir de manera precisa las posiciones de los cuerpos celestes (mucho antes de la aparición, en el siglo XVII, del telescopio). Igualmente, la óptica

---

[8] DESCARTES, *Discurso del método,* p. 45.

[9] Véase capítulo 4, sección tercera.

utilizaba aparatos especiales para medir los ángulos de reflexión y refracción. En estas áreas precisamente Ptolomeo había producido dos importantes trabajos: el *Almagesto* y la *Óptica;* en ambos libros se incluían detalles sobre el tipo de instrumental a utilizar. Por otro lado, el tratado sobre óptica más importante de Europa (hasta los trabajos de Kepler), obra del filósofo árabe del siglo XI conocido en el ámbito latino como Alhazen, también incluía detalles sobre la construcción y el uso de instrumental óptico[10]. Como consecuencia de todo esto, las ciencias matemáticas del siglo XVII habían asumido la funcionalidad de los instrumentos, y de hecho la tenían muy en cuenta a la hora de enfrentarse a problemas relacionados con la validación de experiencias generadas artificialmente, experiencias que *generalmente no eran conocidas.*

En estos casos, como vemos, el ideal de una ciencia aristotélica donde los fenómenos a explicar quedaban establecidos desde el comienzo parecía no tener validez. Esta cuestión empezó a ser especialmente problemática, a principios del siglo XVII, para colectivos como el de los matemáticos jesuitas, interesados en demostrar que las disciplinas matemáticas eran ciencias genuinas de acuerdo con el criterio de Aristóteles (como a Galileo, les preocupaba la diferencia entre su estatus como matemáticos y el de los filósofos naturales). En este sentido, por el hecho de estar asociado a lo artificial y novedoso, y no a lo habitual y preestablecido, el utillaje experimental era algo problemático para ellos.

En todo caso, la solución de Galileo a este problema tuvo muy buena aceptación entre los matemáticos. Numerosos científicos matemáticos jesuitas, como el astrónomo Giambattista Riccioli, empezaron a hacer referencia a experimentos en los que se dejaban caer objetos pesados desde lo alto de las torres de las iglesias con el fin de calcular su aceleración. A pesar de que, a diferencia de Galileo, Riccioli sí dejaba constancia de los lugares, las fechas y los nombres de los testigos (era una manera de validar su relato), el uso que hacía de estas narraciones era el mismo: las convertía en afirmaciones con carácter de autoridad acerca de cuáles *debían ser siempre* los resultados de esos experimentos. Otro ejemplo, muy famoso, de este ardid a la hora de presentar los resultados empíricos nos remite a la figura de Pascal y al año 1648. En una ocasión, el matemático Blaise Pascal,

---

[10] Alhazen era conocido en árabe como Ibn al-Haytham.

conocido sobre todo por el célebre «Triángulo de Pascal», escribió desde París a su cuñado, Florin Périer, en el distrito de Auvergne de la Francia provinciana, para pedirle que realizara un experimento por él. El experimento consistía en llevar un barómetro de mercurio hasta lo alto de una montaña cercana, el Puy-de-Dôme, con el fin de observar si la altura del mercurio en el tubo de cristal variaba según se iba ascendiendo. Pascal esperaba que así lo hiciera, porque estaba convencido de que era la presión del aire lo que mantenía la columna de mercurio en el tubo, y que por tanto esa presión disminuiría al aumentar la altura[11]. El instrumento en sí mismo era una novedad: había sido diseñado en la década de 1640, en Florencia, por Evangelista Torricelli, protegido de Galileo durante los últimos años de vida de éste. Al igual que Pascal, Torricelli atribuía tal efecto al peso, o a la presión, del aire (existía cierta controversia acerca de cuál de los dos, peso o presión, era el término correcto para referirse a estas cuestiones).

Pascal publicó poco después un informe sobre el experimento, escrito por Périer, pero con una introducción y comentarios suyos. En dicho informe, Périer relata con detalle su ascensión y posterior descenso de la montaña; deja constancia de los nombres de los testigos que le habían acompañado, y registra los resultados de las mediciones. Al final de la historia, en la que, en efecto, se cuenta que la altura del mercurio había ido disminuyendo a medida que se ascendía, Pascal procede a convertir la narración de Périer en la pieza clave de una verdad filosófica universal. Primero de todo, Pascal se basa en los resultados de Périer para establecer una correlación cuantitativa entre los cambios en la altura del mercurio y las variaciones en la altitud (dando por supuesto que los datos aportados por Périer eran fidedignos, y se correspondían con las mediciones). A continuación, Pascal calcula las pequeñas variaciones en la altura del mercurio que uno esperaría detectar al utilizar un instrumento similar al de Périer pero en lugares mucho menos altos, como, por ejemplo, las torres de las iglesias de París (un escenario conocido, familiar, a diferencia del lugar visitado por su cuñado). Por último, una vez hechas las predicciones numéricas concretas sobre los cambios que uno esperaría observar en tales circunstancias, Pascal declara que los ensayos reali-

---

[11] El nombre de «barómetro de mercurio» puede llevar a confusión, porque la intención del experimento era mostrar que el aparato *era* en verdad un «barómetro», es decir, un «medidor de peso», en este caso el peso (o la presión) del aire.

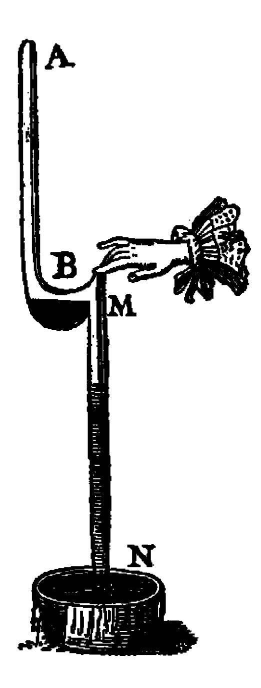


Figura 7.2. El experimento de Torricelli, en la versión de Blaise Pascal. La doble estructura está diseñada para demostrar que efectivamente la altura del mercurio depende de la presión del aire.

zados confirman tales predicciones. Al igual que Galileo con sus pruebas sobre el plano inclinado, Pascal no proporciona detalle alguno sobre estos experimentos; simplemente, se limita a señalar que los resultados se adecuan a lo esperado (como no podía ser menos, tratándose de una regularidad natural).

Los ejemplos de Galileo y de Pascal muestran hasta qué punto las dos dificultades principales derivadas de la experimentación, esto es, asegurar, por un lado, la fiabilidad de las crónicas sobre experimentos y, por otro, garantizar la universalidad de los resultados experimentales obtenidos, reclamaban una respuesta urgente por parte de las ciencias matemáticas, ya que estas ciencias a menudo se ocupaban de fenómenos inusuales, infrecuentes. Antes de que el cuñado de Pascal ascendiera el Puy-de-Dôme con el objeto de averiguar qué sucedería con la altura del mercurio a medida que aumentara la altitud, esta pregunta no contaba con una respuesta

establecida; las opiniones sobre este asunto, por tanto, diferían considerablemente. Las ciencias matemáticas (entre las que se incluía el trabajo de Pascal, y de otros, sobre los barómetros de mercurio) aportaban un conocimiento muy especializado que apenas se podía utilizar como base para una ciencia demostrativa, puesto que no tenía su origen en una experiencia universalmente aceptada. Este saber especializado, por tanto, debía *convertirse* en un saber común, generalizable, de alguna manera. Un recurso habitual entre los astrónomos y otras clases de matemáticos era simplemente confiar en su reputación como cronistas veraces y fiables. En muchos casos (como en el de los matemáticos jesuitas) se podía hacer valer la reputación de una institución. Las cátedras en universidades y colegios o, como en el caso de Galileo, los vínculos con mecenas poderosos podían aportar cierto peso a las aserciones empíricas: cuestionarlas implicaba cuestionar la reputación de la institución que implícitamente las suscribía.

Los astrónomos sí contaban con métodos adicionales, más concretos, para respaldar sus afirmaciones. La idea es la siguiente: los astrónomos, tradicionalmente, no publicaban sus datos astronómicos, es decir, no presentaban listas de resultados observacionales, mediciones sobre la posición de los planetas, por ejemplo, porque su validez habría dependido exclusivamente de la autoridad del astrónomo (a menos que otros hubiesen realizado las mismas mediciones simultáneamente, lo cual era casi imposible)[12]. En cambio, los astrónomos se basaban en sus datos para generar tablas de predicciones sobre las posiciones de los planetas, del sol o de la luna, empleando modelos geométricos que imitaban las supuestas trayectorias celestes. Este trabajo era presentado de manera que se evitara cualquier tipo de distinción formal entre la astronomía *observacional* (anotar los resultados de las mediciones tras el uso de instrumentos) y aquellas partes del proyecto dedicadas al cálculo de predicciones a partir de modelos geométricos (modelos cuyo uso había quedado legitimado, en un principio, por su conformidad con los datos). Esto último sí era publicable. Las tablas de predicción, a diferencia de los datos originales, eran la garantía *pública,* por decirlo de algún modo, de que los modelos empleados para calcularlas eran fiables: cualquiera podía

---

[12] Steven SHAPIN, *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England,* Chicago, University of Chicago Press, 1994, pp. 266-291, describe una interesante disputa con estos temas de fondo.

comprobar en todo momento hasta qué punto eran exactas las predicciones. A todo esto, la reputación de Copérnico en el campo de la astronomía durante el siglo XVI fue debida a su destreza como matemático, no a sus dotes para la observación; los astrónomos eran *matemáticos*. También en el siglo XVI, pero más tarde, Tycho Brahe, a pesar de ser muy conocido por su fama de observador infatigable, se negó a hacer público su enorme archivo de resultados observacionales; en cambio, publicó estudios matemáticos, basados en sus datos, sobre temas como la trayectoria de los cometas, o su nuevo sistema astronómico geocéntrico. Como ya hemos señalado, Tycho contrató a Johannes Kepler para que, basándose también en sus observaciones, calculara un modelo de la órbita de Marte más exacto. Es bien conocido que Kepler no tuvo acceso libre a toda la información acumulada por Brahe. Los archivos eran todo menos públicos, y, de hecho, tras la muerte de Tycho, su viuda dificultó enormemente el que otros, en este caso el propio Kepler, se hicieran cargo de ellos.

En definitiva, la «experimentación» en las ciencias matemáticas planteaba ciertos problemas relacionados con la fiabilidad y el significado de resultados obtenidos en tiempos y lugares específicos. La astronomía ya se había enfrentado a este tipo de dificultades, así como a las derivadas del uso de un determinado instrumental para obtener información. Los problemas relacionados con el uso de instrumentos, aunque extendidos a todas las ciencias matemáticas, eran más graves en aquellas áreas de investigación propias de las ciencias de corte cualitativo. En este sentido, la negativa por parte de Francis Bacon a aceptar la legitimidad de una distinción entre procesos naturales y procesos artificiales (aquellos producidos por un instrumental artificial) tuvo consecuencias muy importantes para la retórica, la lógica, y la práctica de la ciencia experimental a lo largo del siglo XVII[13].

La experimentación «baconiana»

Como vimos en el capítulo anterior, los escritos de Bacon sirvieron de base para justificar numerosas investigaciones de corte experimental, muchas de ellas llevadas a cabo, por ejemplo, en la Royal

---

[13] Véase capítulo 3, sección tercera.

Society de Londres. Sin embargo, la opinión del propio Bacon al respecto de la función del experimento en la ciencia es más ambigua de lo que parece.

Bacon, al igual que Aristóteles, insistió mucho en la importancia de la experiencia para el estudio de la naturaleza. En sus ejemplos, que mostraban cómo aprovechar una experiencia deliberadamente artificial para generar (su tipo particular de) conocimiento filosófico, destacaban las mismas características de generalidad, o universalidad, que habían caracterizado los escritos de los filósofos escolásticos. En el Libro II del *Novum organum* (1620) Bacon desarrolla dos de estos ejemplos, referidos a su nueva lógica de investigación (normalmente se habla de su «método», pero él nunca lo llamó así). Uno de los ejemplos trata acerca de la naturaleza del calor. Así, en su «Tabla de hechos positivos para la teoría del calor» encontramos «los rayos del sol en estío sobre todo, y en pleno mediodía»; «todos los cuerpos sólidos, líquidos, pesados, ligeros (como el aire), sometidos por un tiempo a la acción del fuego»; «la cal viva rociada con agua»; y «el estiércol de caballo y, en general, todo excremento reciente»[14]. Como vemos por estos ejemplos, para Bacon es suficiente con afirmar que esta verdad general se cumple en todos estos casos; no ve la necesidad de aportar detalles sobre observaciones concretas. Lo mismo sucede cuando se refiere a algunos casos relacionados con las variaciones de calor en circunstancias cambiantes. En ocasiones, sin embargo, sí llega a proponer algunos experimentos (cuyos resultados, eso sí, conoce de antemano):

> «Convendría repetir, con ayuda de un espejo ardiente, el siguiente experimento que voy a indicar aquí de memoria: colocad el espejo a cierta distancia de una materia combustible, no inflamará ni quemará como si hubiera sido colocado desde luego a la mitad de la distancia misma, y en seguida alejad el espejo gradual y lentamente hasta la distancia entera. Sin embargo, el haz de rayos y su concentración, son los mismos en ambos casos; es, pues, el movimiento el que aumenta el efecto del calor»[15].

El carácter de universalidad de esta descripción es un aspecto clave de su propia efectividad. Al describir un experimento cuyo resultado

---

[14] BACON, *Novum Organum*, II, 11, pp. 132-133.

[15] *Ibidem*, II, 13, caso 28, pp. 151-152.

afirmaba conocer (su propia experiencia personal, «voy a indicar de memoria», así lo garantizaba), Bacon estaba informando al lector sobre algo que ocurre en la naturaleza sin hacer realmente una referencia explícita a un suceso concreto. Presentar de esta manera la experiencia servía para superar, al menos retóricamente, las complicaciones que habrían surgido si el razonamiento de Bacon hubiese dependido de la fiabilidad de su testimonio al respecto de un experimento, un suceso histórico concreto, llevado a cabo sin testigos presenciales (Bacon, que era abogado, sabía que éste era un tema muy delicado). Informando acerca de lo que *sucede* en lugar de lo que *había sucedido,* y proporcionando las instrucciones necesarias para producir el fenómeno al que se estaba haciendo referencia, parecía que Bacon revelaba a su lector un hecho sobre el mundo natural, un hecho que a partir de entonces podía formar parte de cualquier razonamiento filosófico sobre, en este ejemplo concreto, la naturaleza del calor.

El estilo «baconiano» adoptado, defendido y reivindicado por los miembros de la temprana Royal Society estaba basado en la noción de *utilidad* y no en la de *experimento.* A pesar de que esta institución está considerada como uno de los bastiones del experimentalismo, el tipo de experimentalismo practicado allí difería del de Bacon, así como del de Aristóteles. Mientras que para estos dos últimos el sello distintivo de su concepción de la experiencia científica era la generalización universal, es decir, intentar atribuir a la experiencia la familiaridad de lo cotidiano, para la Royal Society lo más importante era el suceso concreto. Cuando un miembro se refería a un experimento ante su público no ofrecía ningún tipo de fórmula que revelara algún aspecto de la realidad, como podría haber hecho Bacon. En cambio, lo habitual era que relatara una historia acerca de algo que le había sucedido a él, en un lugar y tiempo concretos. No pasaba bruscamente de hablar sobre una experiencia personal concreta a describir algún aspecto general del funcionamiento del mundo.

Un ejemplo muy claro de todo esto lo encontramos en los escritos de Robert Boyle:

> «Tomamos un recipiente de cristal, de esos tarros que las mujeres utilizan para conservar dulces, de tres pulgadas y media de diámetro y algo menos de profundidad, y forma cilíndrica. Después de cubrir con agua la protuberancia que suele haber en el fondo de estos recipientes, calentamos el tarro para que no se rompiera y lo llenamos has-

ta una altura conveniente con cierta cantidad de cera líquida, que previamente habíamos derretido»[16].

Describiendo cada circunstancia, y aportando todo tipo de detalles, Boyle relata cómo llevó a cabo un experimento cuyo objeto era refutar ciertas críticas de Henry More a anteriores trabajos experimentales suyos. La exposición de Boyle concluye de la misma forma: «Finalmente, procedimos a sacar poco a poco los pesos que habíamos introducido, hasta que observamos que la cera, gradualmente, empezó a subir, a pesar del plomo, quedando incluso, en algunas partes, por encima del agua»[17].

Este estilo era el habitual en las publicaciones de la Royal Society, incluyendo los artículos en su revista no oficial, las *Philosophical Transactions*. Era un estilo que se ajustaba perfectamente a la determinación de los miembros de rechazar todo tipo de especulación o hipótesis, y centrarse únicamente en informar sobre hechos concretos. El objetivo de una actitud así no era impedir que se plantearan conjeturas sobre los fenómenos naturales y sus posibles causas, sino evitar que, desde fuera, la Society pareciera estar afiliada a una corriente de pensamiento en particular. Por ello, el *Curator of Experiments* («Director de Experimentos») de la Royal Society, Robert Hooke, escribió (dirigiéndose a la propia institución), al comienzo de su obra *Micrographia* (1665), que en el libro

«tal vez se encuentren algunas expresiones que acaso parezcan más positivas de lo que permiten VUESTRAS prescripciones. Aunque deseo que se tomen tan sólo como conjeturas e interrogantes (que VUESTRO método no reprueba completamente), con todo, aun cuando me haya excedido en ellas, debo aclarar que no lo he hecho siguiendo VUESTRAS directrices»[18].

---

[16] Robert BOYLE, «An Hydrostatical Discourse», en Robert BOYLE, *The Works of the Honourable Robert Boyle,* ed. de Thomas BIRCH, 6 vols., Londres, 1772; facsímile reimp. Hildesheim, Georg Olms, 1965-1966, vol. 3, p. 611. [Para la traducción empleamos la edición: BOYLE, *The Works of Robert Boyle,* 14 vols., ed. de Michael HUNTER y Edward B. DAVIS, Londres, Pickering and Chatto, 1999, vol. 7, op. 162 (*An Hydrostatical Discourse*).]

[17] BOYLE, *The Works of Robert Boyle,* vol. 7, op. 163. El experimento consistía en observar si un cilindro de cera se hundía o flotaba en el agua en función de las pequeñas variaciones en su peso (al añadir o sustraer piezas de plomo). El objetivo era mostrar si la densidad de la cera era sólo un poco menor que la del agua.

[18] Robert HOOKE, *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses,* Londres, 1665, «To the Royal Society». [Traducción en cas-

Al igual que el propio Hooke, Boyle y otros miembros formularon este tipo de ideas con suma cautela, y propusieron explicaciones en términos de corpúsculos.

La Royal Society recurría a esta retórica baconiana contraria a las hipótesis (Bacon las llamó, con desprecio, «Anticipaciones de la Naturaleza») para mantener la integridad de su proyecto: su trabajo debía consistir en acopiar información. Por ello, lo más sencillo, y menos arriesgado, era estudiar los detalles, las particularidades, de experimentos concretos (aunque no pudieran reproducirse). La tarea de construir teorías fiables que incorporaran, y explicaran, estos hechos no quedaba por tanto paralizada, aunque es verdad que Boyle y muchos otros hicieron ver que esa segunda fase de su trabajo la dejaban para más adelante, una vez hubieran estudiado suficientes hechos y acumulado suficiente información.

Obviamente, no todos los filósofos naturales, incluidos muchos de Inglaterra, estaban de acuerdo con los planteamientos de la Royal Society. Entre sus críticos, uno de los más tenaces fue el filósofo Thomas Hobbes, conocido, sobre todo, por su filosofía política. A pesar de haber trabajado como secretario al servicio de Francis Bacon hacia el final de la vida de éste, Hobbes despreciaba el tipo de «filosofía experimental» propugnada y practicada por Robert Boyle y otros. Sus mejores argumentos quedaron reflejados en su crítica a los experimentos de Boyle con la bomba de aire. En estos experimentos Boyle había estudiado el comportamiento y las propiedades del espacio que quedaba dentro del «receptor» de la bomba (la esfera hueca de cristal de donde se extraía el aire). Hobbes criticaba sobre todo el hecho de que Boyle hubiera afirmado que durante estos experimentos había logrado extraer prácticamente todo el aire del «receptor». A través de este tipo de reproches, Hobbes no hacía sino manifestar su rechazo rotundo a la investigación experimental en general.

La objeción principal de Hobbes era que la realización de estos experimentos no era *filosófica*. Según él, el tipo de conocimiento propuesto por Boyle y otros no podía ser calificado de «filosofía natural» porque carecía de los atributos de universalidad y necesidad que las explicaciones científicas, por definición, requerían. Hobbes, en este

---

tellano: HOOKE, *Micrografía, o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos, realizadas mediante cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas*, ed. y trad. de Carlos SOLÍS, Madrid, Alfaguara, 1989, p. 119.]

sentido, se aferraba a la vieja noción aristotélica de ciencia. Mientras que Boyle interpretaba los experimentos como sucesos contingentes, Hobbes exigía producir demostraciones que validaran los resultados por necesidad, como en las pruebas matemáticas. Por otro lado, al ver que los experimentos de Boyle requerían el uso de un instrumento tan complicado como la bomba de aire, ¿qué sentido tenía, Hobbes se preguntaba, empezar a estudiar situaciones tan complejas sin haber estudiado antes las más simples?

Boyle insistía en que realizar experimentos era la mejor manera de generar un conocimiento válido para todo el mundo: cualquiera podía comprobar por sí mismo la verdad de los resultados. Hobbes, por su parte, objetaba que esa clase de conocimiento no servía para elaborar *explicaciones* de los sucesos naturales. En el mejor de los casos, Boyle podía mostrar ejemplos de fenómenos naturales, válidos para todo el mundo, pero de ninguna manera podía demostrar cuáles eran sus causas. Por cada interpretación que Boyle aportara a cualquiera de sus fenómenos, insistía Hobbes, él siempre podría generar varias más, todas con las mismas probabilidades de ser igual de ciertas que la de Boyle. Era sencillo elaborar explicaciones de carácter hipotético; el problema, según Hobbes, era que no bastaban para crear una auténtica filosofía natural. Así, entre otras críticas, acusó a Boyle de haber propuesto, sin fundamentos, la existencia del vacío (que el propio Hobbes negaba):

> «La ciencia en cualquier área del saber se deriva de un conocimiento previo de las causas; cómo se genera este saber y qué lo constituye también dependen del conocimiento previo de las causas. En consecuencia, una vez conocidas las causas, la demostración es posible; no lo es, en cambio, si las causas se desconocen. Por tanto, la demostración en la geometría es posible, porque las líneas y figuras a partir de las que razonamos están dibujadas por nosotros mismos. Del mismo modo, la filosofía política también es demostrable, pues nosotros mismos creamos el bien común. Pero como desconocemos la constitución de los cuerpos naturales, es más, intentamos comprender sus causas a partir de los efectos, no es posible demostrar lo que estas causas que buscamos son, únicamente lo que pueden ser»[19].

[19] Thomas HOBBES, *The English Works of Thomas Hobbes,* ed. de Sir William MOLESWORTH, 11 vols., Londres, 1839-1845, vol. 7, p. 184 (*Six Lessons to the Mathematicians*).

Como consecuencia de esto, según Hobbes, lo mejor que se podía hacer en filosofía natural era postular causas posibles (él era partidario de las causas mecánicas) que explicaran los fenómenos observados. Ahora bien, el carácter de verdad de estas causas nunca podría demostrarse.

Boyle, por su parte, al igual que la mayoría de los miembros importantes de la Royal Society, se mostraba muy cauto al respecto de las hipótesis. Su cuidado por evitar un tono dogmático, o por no incluir explicaciones de tipo causal en su trabajo, le llevó por ejemplo a negarse a precisar de forma concluyente si la acción de la bomba de aire creaba realmente vacío en el «receptor»; es decir, si el espacio quedaba totalmente vacío. En cambio, habló de la extracción de «aire ordinario», de manera que fuera posible que allí quedara un medio etéreo, indetectable, ingrávido. Boyle empleó la palabra «vacuum», «vacío», para referirse al espacio en el interior del «receptor» una vez el aire había sido extraído. También dejó muy claro que este vacío operacional no debía ser confundido con un vacío auténtico, un vacío «metafísico». Si este vacío auténtico existía o no era algo sobre lo que él se negaba a pronunciarse (Hobbes, recordemos, le acusaba de lo contrario).

De todas maneras, también es interesante señalar que el propio Boyle no dejó de recurrir, si era posible aplicarlo, al modelo de ciencia matemático, demostrativo, preferido por Hobbes. Según escribió refiriéndose a investigaciones sobre la flotabilidad de los cuerpos, «ha sido demostrado por los estudiosos de la hidrostática posteriores a Arquímedes que en el agua aquellas partes que están sometidas a mayor presión desplazan a las sometidas a menor presión; esto coincide con la percepción habitual de la gente, y podría, si es necesario, ser confirmado mediante experimentos»[20]. Vemos, por tanto, que, a la hora de afirmar, con fines prácticos, la verdad de su principio hidrostático, Boyle estaba dispuesto a iniciar su razonamiento haciendo referencia a la «percepción habitual de la gente», como habrían hecho Aristóteles o Euclides. En este caso, la confirmación experimental era algo con lo que se podía contar «si es necesario». Ahora bien, cuando se trataba de cuestiones novedosas y extrañas, está claro que para Boyle era fundamental desarrollar nuevos instrumentos y realizar experimentos con ellos;

[20] BOYLE, *The Works of Robert Boyle*, vol. 7, op. 161.

esto era un aspecto central de su idea sobre cómo estudiar la naturaleza[21].

En 1684, los *Saggi* de la Accademia dei Cimento (1667), traducidos al inglés por Richard Waller, miembro de la Royal Society, fueron publicados con el título de *Essayes of Natural Experiments.* Al no hacer referencia a sus autores, y por su carácter general, muchos de los informes de los *Saggi* recordaban a las descripciones de instrumentos (y las listas de instrucciones para usarlos correctamente) que se incluían en los tratados matemáticos sobre astronomía u óptica. A pesar de su carácter anónimo, las descripciones, en primera persona, de los experimentos realizados se ajustaban perfectamente al estilo adoptado por la Royal Society. Por ejemplo:

> «Con el objeto de aclarar la cuestión de si el proceso de enfriamiento de un cuerpo es el resultado de la entrada en él de ciertos átomos de frío especiales, de la misma forma que la entrada de átomos de calor produce su calentamiento, hicimos preparar dos matraces iguales, con cuellos muy finos. A continuación, sellamos los cuellos con la llama, colocamos uno de los matraces en agua helada, y el otro en agua caliente, y los dejamos reposar allí durante un tiempo. Después, rompiendo, bajo el agua, el cuello de cada uno, observamos que una superabundancia de materia había penetrado el matraz caliente, puesto que la veíamos salir con fuerza hacia fuera [...] A nosotros nos parecía que esto mismo debía ocurrir con el matraz frío, pues asumíamos que el enfriamiento del aire se produciría de la misma forma [...] por ejemplo, por la entrada a través de los poros invisibles del cristal y acumulación de átomos fríos provenientes del hielo. Pero sucedió algo totalmente diferente»[22].

---

[21] Es significativo también que Hobbes nunca cuestionó la verdad de las aserciones experimentales de Boyle, únicamente su interpretación causal de los fenómenos. En este sentido, Hobbes no acusaba a la «filosofía experimental» de producir resultados falsos, sino de que simplemente no era filosofía.

[22] De los *Saggi*, en W. E. KNOWLES MIDDLETON, *The Experimenters: A Study of the Accademia del Cimento,* Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1971, pp. 246-247. [Fuente: *Saggi,* Experimento Cuarto (CCLVI). Experimentos acerca de algunos efectos del calor y del frío.] Las presuposiciones físicas que inspiran este experimento, según las cuales los fenómenos físicos cualitativos se explican en términos de corpúsculos, constituyen otro de los puntos en común entre la Accademia del Cimento y la Royal Society. A pesar de las diferencias entre los planteamientos, éstos y otros filósofos naturales contemporáneos creían que estas explicaciones en términos de partículas imaginarias eran especialmente inteligibles. En este ejemplo concreto, la idea de que existen partículas de frío y de calor parece que fue tomada de Gassendi, aunque Galileo también

El papel central desempeñado por los experimentos, y los informes sobre estos experimentos, en las actividades de la primera Royal Society contrasta de alguna manera con la obra de uno de sus miembros más famosos, Isaac Newton. Cuando primero empezó a atraer la atención de la Royal Society, en el año 1671, Newton trabajaba como matemático en la universidad de Cambridge (en 1669 había sucedido a Isaac Barrow como *Lucasian Professor* de matemáticas). Para entonces Newton ya conocía la Royal Society y sus trabajos; de hecho, unos años antes, había estudiado textos de las *Philosophical Transactions.* Evidentemente, Newton quería formar parte del grupo, y con este fin envió a la institución un pequeño telescopio de reflexión diseñado y fabricado por él mismo. Los miembros recompensaron al joven matemático de Cambridge eligiéndole para una *fellowship*. Animado por ello, Newton, poco después, envió a Henry Oldenburg, secretario de la Society, una carta describiendo algunos de sus estudios sobre óptica relacionados con el telescopio que les había donado.

Esta carta no tardó en aparecer publicada en las *Philosophical Transactions,* con el título «A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of Mathematics in the University of Cambridge; Containing His New Theory About Light and Colours» («Carta del Sr. Newton. Profesor de Matemáticas en la Universidad de Cambridge, conteniendo su nueva teoría de la luz de los colores»)[23]. Una de las características a destacar de este famoso trabajo es que adopta un estilo experimental, particularista, centrado en los sucesos concretos, para presentar una investigación que normalmente habría sido incluida entre las ciencias matemáticas, en concreto la óptica. Newton comienza relatando una serie de sucesos acaecidos en 1666. Cuenta cómo, sin un motivo aparente, se hizo con un prisma de cristal y empezó a usarlo para proyectar sobre la pared de una habitación a oscuras el espectro luminoso generado por el prisma y la luz del sol que llegaba desde el exterior a través de un agujero en la contraventana. (Newton no fue el primero en utilizar prismas en investigaciones sobre óptica; Descartes, por

---

se refirió al proceso de calentamiento de un cuerpo en términos de partículas de fuego introduciéndose en él.

[23] Reimpreso en Marie BOAS HALL, *Nature and Nature's Laws: Documents of the Scientific Revolution,* Nueva York, Walker and Company, 1970, p. 250. [Fuente: *Philosophical Transactions,* 17 vols., Londres, 1809, vol. I, pp. 678-688.] [Traducción en castellano: NEWTON, «Carta del Sr. Isaac Newton», en A. LAFUENTE, N. VALVERDE y J. PIMENTEL (eds.), *El telescopio de reflexión. Newton entre luces y cristales,* Madrid, CSIC, 2004, p. 51.]

ejemplo, había empleado uno en su ensayo *Dióptrica.*) Afirma que le «asombró» la forma oblonga de los colores, que «según las leyes aceptadas de la refracción esperaba que fuesen circulares»[24]. «Al comparar el largo de este espectro de colores con su ancho», continua narrando Newton, «percibí que medía alrededor de cinco veces más; una desproporción tan excesiva, que me animó a examinar los motivos con más curiosidad de la habitual»[25]. El relato de Newton llevaba al lector a concluir que la luz solar, refractada a través de un prisma, se distribuye en una banda, puesto que está compuesta de «rayos diversos, cada uno de los cuales se refracta de distinta manera. Entonces, de todos los que inciden de la misma manera sobre un mismo medio, algunos se refractarán más que otros, y esto no se debe a ninguna virtud del cristal u otra causa exterior, sino a la predisposición de cada rayo para experimentar un grado determinado de refracción»[26].

Estos diferentes grados de refrangibilidad, según Newton, corresponden a los diferentes colores de la luz. Aquellos rayos que se refractan más muestran el color azul-violeta característico de un extremo del espectro, mientras que los que se refractan menos corresponden al color rojo visible en el extremo opuesto del espectro. La refrangibilidad de cada tipo de rayo es una propiedad inalterable, y se mantiene constante a lo largo de las sucesivas refracciones y reflexiones; al mismo tiempo, el color asociado a cada particular grado de refrangibilidad también es inalterable. Por ello, Newton puede atribuir números a los colores, es decir, caracterizar cualquier color del espectro en función del grado de refrangibilidad del rayo.

Este artículo sobre óptica estaba escrito de manera que no pareciera un texto matemático. En la primera parte Newton describe sus experimentos sin recurrir a diagramas geométricos explicativos, limitándose a señalar (como él sabía que era habitual en la Royal Society) los pasos seguidos en su investigación. Únicamente después de haber establecido, siguiendo este estilo narrativo, las bases experimentales de su experimento, Newton adopta un formato matemático más apropiado, y presenta sus conclusiones. Entre ellas, incluye una serie de comentarios acerca de cómo la refrangibilidad de los rayos suponía un problema a la hora de diseñar telescopios que enfocaran la luz,

---

24 NEWTON, «Carta del Sr. Isaac Newton», p. 51.
25 *Ibidem,* pp. 51-52.
26 *Ibidem,* p. 59.

lo cual le llevó a descartar la refracción y a fabricar un telescopio de reflexión. Esto es una prueba de cómo la dimensión práctica, baconiana, de la nueva filosofía experimental era un aspecto importante del proyecto de Newton.

El trabajo newtoniano, por tanto, se inspiraba en una concepción de la experiencia científica muy diferente a la del viejo modelo escolástico. Para un filósofo aristotélico la «experiencia» constituía el origen de nuestro conocimiento sobre el mundo y sus procesos. En cambio, la filosofía experimental, para Newton, y después para sus seguidores (véase capítulo 8), era una manera de interrogar a la naturaleza con el objeto de obtener un conocimiento de carácter funcional, no esencial; un conocimiento no referido a la esencia de las cosas, sino a cómo hacer algo con ellas. En conclusión, la experimentación, en el sentido que le daba la Royal Society, y que Newton se encargó de depurar, se convirtió en una manera de generar conocimiento basada en la recopilación de datos sobre fenómenos naturales, cuya credibilidad bien dependía de una autoridad de corte institucional o del testimonio de testigos privilegiados (la técnica de Boyle).

La experimentación fisiológica

Las investigaciones de William Harvey son una buena muestra del peso de la tradición aristotélica en cuestiones relacionadas con la experimentación y, de forma más específica, de las dificultades a la hora de llevar a cabo trabajos experimentales en el campo de la fisiología. Su obra también es un ejemplo de los diferentes tipos de estrategias disponibles a la hora de afrontar el problema de la credibilidad.

Como ya vimos en el capítulo anterior, Harvey había empezado su libro *De motu cordis,* de 1628, con dos prefacios, el primero dedicado al rey, y el segundo dedicado al Colegio de Médicos. Esta última dedicatoria tenía un fin muy concreto, como veremos a continuación. Harvey estaba proponiendo una explicación del funcionamiento del corazón y de la sangre muy diferente a la de las doctrinas tradicionales de Galeno. Al igual que Aristóteles, Galeno había defendido que el corazón es una especie de depósito para la sangre, la cual fluye por todo el cuerpo a través de un sistema de vasos sanguíneos. Más específicamente, según Galeno había que distinguir entre el sistema arterial, que partía del lado izquierdo del corazón, y el sistema venoso, que estaba conectado al lado derecho del corazón, pero cuyo «ori-

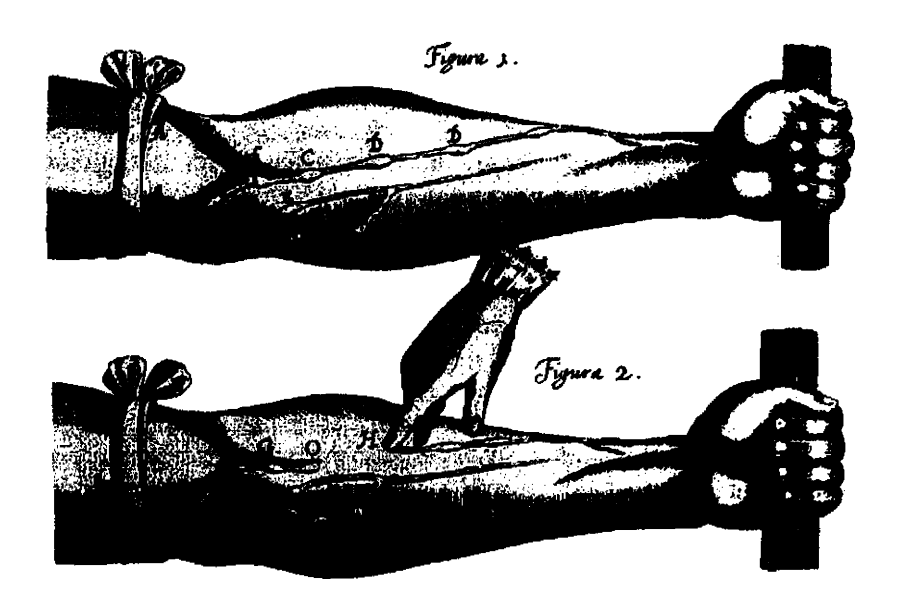


Figura 7.3. Ejemplo de «demostración ocular» de la función de las válvulas en las venas, de la obra de Harvey *De motu cordis.*

gen» se situaba en el hígado. Según esta descripción, la sangre arterial transportaba calor y *pneuma* (un tipo de elemento vital derivado del aire en los pulmones) desde el corazón al resto del cuerpo. Las venas tenían una función diferente: distribuir los elementos nutritivos por todo el cuerpo. Así, la sangre venosa se generaba en el hígado a partir de la comida digerida (por esto se decía que su origen estaba en el hígado). A través de una serie de poros en la pared del corazón la sangre pasaba al sistema arterial, donde realizaba la labor ya mencionada. Esta pared del corazón, denominada *septum,* dividía el lado izquierdo del corazón del derecho; los poros eran la única vía de comunicación entre un lado y otro que Galeno podía imaginar. El bombeo del corazón ayudaba a que la sangre fuera expulsada, pero no se hacía referencia a ningún tipo de pulso circulatorio.

A diferencia de esto, Harvey entendió que los sistemas arterial y venoso eran dos componentes de un sistema circulatorio más complejo. La sangre era bombeada por el lado izquierdo del corazón, y distribuida a través de las arterias. A partir de sus ramificaciones en el

corazón, las arterias se iban extendiendo por todo el cuerpo, haciéndose cada vez más numerosas, pequeñas, y finas. Finalmente, se convertían, según Harvey, en vasos sanguíneos invisibles, que se volvían a unir para formar el sistema venoso, el cual servía para que la sangre retornara al lado derecho del corazón. En definitiva, la sangre partía del corazón a través de las arterias, y regresaba a través de las venas. Además de todo esto, según Harvey no había poros en el *septum*. La sangre venosa pasaba al lado izquierdo del corazón realizando un «tránsito pulmonar» desde el lado derecho: ciertos vasos sanguíneos especiales transportaban la sangre, primero, a través del tejido blando y esponjoso de los pulmones (de nuevo, los vasos sanguíneos quedaban convertidos en tubos muy finos, apenas visibles) y, después, de los pulmones al lado izquierdo del corazón. Una vez realizada la circulación completa, la sangre partía de nuevo a través de las arterias.

El mencionado «tránsito pulmonar» era una idea que ya se había propuesto anteriormente, a finales del siglo XVI, en la universidad de Padua (*alma mater* de Harvey). Planteada de una manera más elaborada, esta noción figuraba entre los contenidos de sus *Lumleian lectures* de 1616[27]. La verdadera novedad era plantear una circulación de la sangre a través del cuerpo completa, «general». Se trataba de una propuesta innovadora y ciertamente espectacular.

Ahora bien, esta teoría no podía demostrarse simplemente viviseccionando un animal y observando. Requería una gran cantidad de experimentos, con todo tipo de animales, desde crustáceos a seres humanos, así como numerosos argumentos que explicaran las observaciones. Una de las dificultades mayores para Harvey era convencer a los demás de que realmente él había visto lo que afirmaba haber visto, y que por tanto sus conclusiones se basaban en esa evidencia. En esto radica la importancia del prefacio dirigido al Colegio de Médicos:

> «Por nadie mejor que por vosotros, mis queridísimos colegas, podría esperar verlo [*De motu cordis*] transmitido de modo tan íntegro y mejor defendido, ya que habéis sido fidedignos y reiterados testigos de todas aquellas observaciones por las cuales colijo la verdad o contradigo errores, y que además habéis visto todas mis disecciones y demostraciones que aquí declaro que son accesibles a los sentidos, a las que asististeis sin prejuicio y con las cuales estuvisteis de acuerdo»[28].

---

[27] Véase capítulo 6, sección tercera.

[28] HARVEY, *Del movimiento del corazón*, p. 97.

En efecto, Harvey estaba alertando a sus potenciales críticos de que si dudaban acerca de sus afirmaciones, o incluso las negaban, estaban poniendo en duda el «total acuerdo» de los miembros de la institución médica más ilustre de Inglaterra. Este tipo de relaciones sociales, bien con un mecenas de la realeza, con una sociedad profesional reconocida, o con nobles respetados, ayudaban a hacer más creíbles las afirmaciones de individuos como Harvey. Las aserciones sobre cuestiones experimentales requerían todo el apoyo disponible, de cualquier tipo.

El propio Harvey, discutiendo con un crítico acerca de su teoría de la circulación de la sangre, insistió sobre esta cuestión central: «Quienquiera que desee saber de qué trata algo (bien sea perceptible y visible, o no) deberá observarlo por sí mismo o creer en la opinión de los expertos; de ninguna otra manera podrá aprender algo con mayor certeza»[29]. Harvey deseaba que este recurrir a la experiencia y a los testimonios autorizados fuera aceptado como una manera legítima de hacer filosofía natural. En sus razonamientos mencionaba el paradigma del conocimiento cierto, las matemáticas: «Si no confiáramos plenamente en nuestro sentidos, y éstos no estuvieran controlados por la razón (como es habitual en el trabajo de los geómetras), no deberíamos dar por válido ningún tipo de saber científico: la geometría, por ejemplo, es una demostración razonada acerca de elementos sensibles a partir de elementos no sensibles. Según este ejemplo, los conceptos abstrusos, incomprensibles a primera vista, se asimilan mejor recurriendo a elementos visibles más obvios, más claros»[30]. En este sentido, según Harvey, si se aceptaba que las matemáticas constituían un saber científico, el mismo criterio debía aplicarse a un trabajo experimental realizado de manera correcta (por ejemplo, el suyo propio en fisiología).

En definitiva, durante el siglo XVII los sentidos pasaron a ocupar un papel central en la ciencia de estos filósofos de nuevo cuño. Como consecuencia, el experimento se convirtió en uno de los principales métodos para generar conocimiento. Una experimentación entendida como un tipo especial de experiencia sensorial, a base de pruebas con fenómenos naturales específicos, en circunstancias controladas, mucho más compleja que el simple hecho de recopilar lo que la

[29] HARVEY, *Circulation*, p. 166.
[30] *Ibidem*, p. 167.

mayoría de la gente ya conocía acerca del mundo. En este sentido, se empezó a asociar el experimento con la idea de *descubrimiento.* Por ello era cada vez más necesario contar con los medios para garantizar que tanto los nuevos hallazgos como sus autores fueran aceptados y creídos.

Capítulo 8

Cartesianos y newtonianos

La filosofía natural cartesiana en Francia

La filosofía natural «cartesiana», una vez establecida a finales del siglo xvii, no siempre siguió las directrices originales de su autor. Christiaan Huygens y Jacques Rohault, por ejemplo, dos de los defensores más importantes del modelo de explicación científica propuesto por Descartes, se distanciaron de manera significativa de la concepción de la filosofía natural que su maestro había desarrollado en obras como el Discurso del método o los Principios de la filosofía. Lo hicieron sobre todo enfatizando el carácter hipotético de sus recursos explicativos.

Huygens, como vimos en el capítulo 6, se convirtió en una de las figuras principales de la Académie Royale des Sciences de París, en la década de 1660. Años antes, cuando todavía era un adolescente, se había mostrado muy interesado por el enfoque matemático, o cuasi-matemático, de Descartes en relación con la filosofía natural. Descartes era amigo personal del padre de Christiaan, el destacado diplomático Constantijn Huygens; desde muy temprano, por tanto, Huygens convivió con una particular versión holandesa del cartesianismo. Su propia reacción ante esta teoría novedosa fue más de corte físico-matemático que metafísico. Mientras que Descartes estaba empeñado en lograr una base teórica firme para su concepción del mundo, que estuviera basada en razonamientos matemáticos *pero que no por ello excluyera el resto de la realidad* (véase capítulo 5, sección tercera), Huygens estaba interesado principalmente en identificar los diferentes enfoques matemáticos y mecanicistas disponibles,

y conjeturar qué tipo de resultados prácticos podían obtenerse a partir de ellos. Así, una de sus primeras incursiones en el ámbito de la física matemática fue un estudio analítico elaborado en 1646, cuando tenía diecisiete años. Su padre lo consideró suficientemente bueno como para enviárselo a uno de los corresponsales de Descartes en París, Marin Mersenne, con el fin de que éste lo evaluara. Este estudio se centraba en las implicaciones de un modelo particular de gravitación, según el cual fenómenos como el de la aceleración de los cuerpos en caída libre se interpretarían como el resultado de una acumulación de impulsos aislados en rápida sucesión. Christiaan concluía que, según este modelo, se podía explicar un movimiento de caída uniformemente acelerado; éste era el mismo resultado que Galileo (y muchos más para entonces) había sugerido años atrás, aunque no está claro si el propio Christiaan era consciente de ello en el momento de escribir estas conclusiones [1].

Entre 1650 y 1660, Huygens realizó numerosas investigaciones (que no se publicaron hasta 1703, después de su muerte) sobre mecánica y dinámica, incluyendo un estudio sobre la aplicación al cálculo de colisiones entre cuerpos perfectamente elásticos de un principio de relatividad de movimiento [*De motu corporum ex percussione* (*Sobre el movimiento de los cuerpos en colisión*), escrito en 1656]. Durante este mismo período también escribió un trabajo, no publicado, titulado *De vi centrifuga* (*Sobre la fuerza centrífuga*) en el que identificaba la tendencia de un cuerpo en movimiento giratorio a desplazarse hacia fuera como una *fuerza centrífuga,* nombre que todavía utilizamos hoy en día.

No obstante, en comparación con estos primeros estudios, sus teorías posteriores sobre el tema de la gravitación, presentadas en la Académie en los años 1668 y 1669, mostraron un carácter hipotético mucho más marcado. El punto de partida había sido idea de Descartes: explicar la gravitación terrestre en términos de partículas microscópicas que girarían alrededor de la tierra a gran velocidad, ocupando todos los planos de rotación. Partiendo de esta base, Huygens fue capaz de obtener resultados interesantes. En concreto, logró calcular a qué velocidad debían girar las partículas para que el valor de la aceleración gravitacional de los cuerpos en dirección al cen-

---

[1] Véase Peter DEAR, *Mersenne and the Learning of the Schools,* Ithaca, Cornell University Press, 1988, pp. 210-211.

tro de la tierra (igual pero opuesta a la fuerza centrífuga de las partículas) coincidiera con los datos empíricos. En la versión publicada de estas teorías, el *Discours de la cause de la pesanteur* (*Discurso sobre el origen de la gravedad,* 1690), Huygens señala:

> «No las presento [las hipótesis] como algo acerca de lo cual no se pueda dudar, o plantear objeciones. En investigaciones de este tipo es demasiado complicado llegar a tanto. Sin embargo, sí creo que en el caso de que la hipótesis principal sobre la que me baso no fuera la verdadera sería prácticamente imposible hallarla [por ejemplo, la hipótesis correcta] dentro de los límites de una filosofía bien fundamentada»[2].

Durante sus conversaciones con otros miembros de la Académie, en 1669, Huygens había insistido en el carácter hipotético de sus planteamientos, y descrito el modo en que éstos estaban relacionados con el trabajo de Descartes sobre la gravitación. También explicitaba a qué se refería con la expresión «filosofía bien fundamentada». Sus comentarios muestran de qué forma lo que para Descartes había constituido una búsqueda de certeza, en la versión de Huygens se había «rebajado» a una búsqueda de *inteligibilidad*. Es decir, Huygens estaba convencido de que si bien era imposible demostrar que el tipo de filosofía mecanicista propuesta por Descartes proporcionaba la única interpretación válida, verdadera por necesidad, de la realidad, dicha filosofía merecía una especial atención puesto que era la única que podía generar explicaciones inteligibles, es decir, explicaciones con sentido.

Así, Huygens presentaba su propia «hipótesis» sobre la causa de la gravedad alegando que se adecuaba a los fenómenos observados tan bien como (mejor que, habría que decir) cualquier otra teoría de entonces. Es más, lo hacía dentro de los límites explicativos de una representación del mundo basada exclusivamente en la idea de «materia inerte en movimiento». Esta interpretación del mundo definía lo que era o no era «inteligible». Huygens proponía que todo aquello que sobrepasara los límites de esta representación simplemente *carecería de sentido*.

---

[2] Christiaan HUYGENS, *Oeuvres completes de Christiaan Huygens,* 22 vols., La Haya, Nijhoff, 1888-1950, vol. 21, p. 446. Este texto fue publicado por primera vez en 1690, siguiendo la estela de los *Principia mathematica* de Newton.

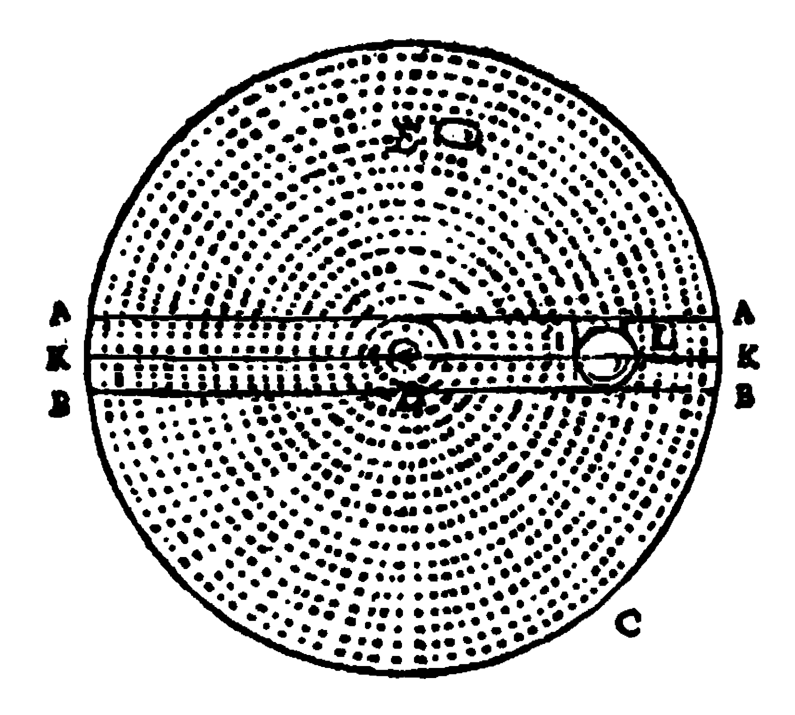


Figura 8.1. Diagrama explicativo de la gravedad en términos de fluido giratorio, según Huygens. Si giramos el disco horizontal a gran velocidad y después lo paramos, el fluido continuará girando, de manera que el sólido L se verá empujado hacia el centro del vórtice.

Así es como plantea Huygens estas cuestiones en 1669, al comienzo de su texto:

> «Para hallar una causa inteligible que explique la gravedad es necesario determinar cómo es posible hacerlo asumiendo [por ejemplo, postulando] que la naturaleza está formada únicamente por cuerpos compuestos de la misma materia, donde lo único a tener en cuenta son los diferentes tamaños, las diferentes formas, los diferentes movimientos, no su cualidad ni la tendencia de cada uno a acercarse a los otros[3].

Huygens señala a continuación cómo de entre estas pocas propiedades atribuibles a los cuerpos materiales únicamente la del

---

[3] *Ibidem*, vol. 19, p. 631.

movimiento serviría para explicar una «tendencia» como la gravedad. Después procede a describir sus hipótesis, haciendo continuas referencias al planteamiento cartesiano, e indicando los puntos en los que ambos discrepan. Como parte de su argumentación, Huygens describe un experimento ideado para mostrar que el movimiento circular de un medio fluido genera una tendencia en dirección hacia el eje de rotación que arrastra los cuerpos inmersos en ese medio. Se ayuda de una ilustración, en dos dimensiones (su teoría es tridimensional), imitando el recurso cartesiano de explicar teorías complicadas mediante ejemplos cotidianos[4] (véase figura 8.1).

Que el trabajo de Descartes es un punto de referencia importante queda reflejado también en el Prefacio al *Discurso* de 1690:

> «Monsieur Descartes comprendió mejor que sus predecesores que en física únicamente es posible explicar aquello basado en principios que no excedan los límites de nuestra mente, como, por ejemplo, principios acerca de los cuerpos (sin tener en cuenta sus cualidades) y su movimiento. Sin embargo, debido a que es sumamente complicado mostrar cómo todo puede reducirse a estos principios, en determinadas áreas del saber no hemos logrado comprender el problema en cuestión; en mi opinión, esto es lo que ha sucedido con el tema de la gravedad»[5].

Es decir, Huygens justificaba su labor haciendo referencia al proyecto de Descartes, presentando sus investigaciones en estos temas como una continuación del trabajo de éste.

A pesar de esta auto-percepción como filósofo «cartesiano», Huygens pasó por alto muchos aspectos del pensamiento de Descartes que hoy se consideran centrales. Su proyecto en física estaba basado en «principios que no excedan los límites de nuestra mente», y no en principios fundamentados metafísicamente y verdaderos de manera absoluta. Huygens buscaba, al igual que Descartes, una cierta «inteligibilidad» para sus explicaciones físicas, pero desde una perspectiva algo diferente. Descartes había reconocido que era posible que ciertas explicaciones sobre ciertos fenómenos no fueran en sí mismas verdaderas, a pesar de estar fundamentadas en principios que sí lo eran; por ello era necesario en ocasiones realizar experimentos.

---

[4] Véase capítulo 5, sección tercera.

[5] HUYGENS, *Oeuvres complètes*, vol. 21, p. 446.

Se había servido del ejemplo de un reloj para aclarar esta cuestión. Sabemos, señala, que un reloj funciona según un mecanismo de ruedas dentadas y muelles que genera el movimiento de las manecillas. Si este mecanismo permaneciera oculto, y nosotros observáramos únicamente el movimiento de las agujas, no seríamos capaces de determinar exactamente cuál de las posibles combinaciones de tuercas, ruedas dentadas y muelles dentro del reloj estaría haciendo que éste funcionara. Es decir, el movimiento de las manecillas, algo externo, visible, podría deberse a diferentes mecanismos internos, ocultos. Según Descartes, esto mismo sucedía con las explicaciones de los fenómenos naturales basadas en supuestos mecanismos microscópicos e invisibles. Las explicaciones de un mismo fenómeno podían ser múltiples y variadas, por lo que era necesario diseñar experimentos que ayudaran a discernir la verdadera; algo, por otro lado, que no era definitivo, puesto que muchas otras hipótesis se pasaban por alto o no se estudiaban con atención. A pesar de todo esto, Descartes partía de la suposición de que los principios explicativos básicos (los muelles y las ruedas dentadas, en la metáfora del reloj) eran incuestionables; esto es, *cualquier* explicación debía concordar con ellos, puesto que constituían el fundamento metafísico de todos los fenómenos físicos.

Huygens no pensaba igual, o al menos no interpretó el planteamiento de Descartes de esta manera. En cambio, se sirvió de los argumentos metafísicos cartesianos acerca de, entre otros temas, la naturaleza de la materia para centrarse únicamente en la cuestión de los límites de la mente humana. Según él, los seres humanos *no podemos comprender* aquellas explicaciones que no estén formuladas en términos de «materia inerte en movimiento», y su comportamiento. Esto no significa, sin embargo, que esta discapacidad nuestra sea necesariamente un reflejo de cómo está estructurada la realidad. Podría suceder que existieran explicaciones de los fenómenos mucho más acertadas, pero éstas no nos servirían por resultarnos incomprensibles. Se trata, según Huygens, de una limitación humana, no de una indicación acerca de cómo Dios ha decidido crear el universo.

Metodológicamente hablando, Huygens adoptó un estilo similar en otro trabajo suyo, el *Tratado sobre la luz,* escrito originalmente también como una presentación para la Académie, leída en 1679 y publicada en 1690. Al comienzo de esta obra Huygens expone sus razones para interpretar y estudiar el comportamiento de la luz como si se tratara de un tipo de movimiento: «Está fuera de toda duda, sos-

tiene, que la luz consiste en el movimiento de alguna clase de materia». Describe los efectos del calor, y el proceso de combustión de la materia que lo genera, puesto que el fuego y la llama constituyen el origen de la luz en la tierra. «Es evidente que se trata del movimiento, de acuerdo con la filosofía verdadera, según la cual la causa de todos los efectos naturales se interpreta en base a un dinamismo mecanicista». Sin embargo, no asegura que esta «filosofía verdadera» garantice la *verdad*. En cambio, intenta justificar que sólo este «dinamismo mecanicista» debería constituir la base de los principios explicativos: «es, en mi opinión, lo que debemos hacer si no queremos renunciar al anhelo de comprender los fenómenos de la física»[6]. Es decir, parece haber una manera apropiada de ejercer la filosofía que representa lo máximo que podemos lograr; sin embargo, no es posible garantizar que sea la verdadera. Es la inteligibilidad de estos principios explicativos lo que hace que nuestro entendimiento recurra a ellos, como había señalado Descartes.

Como resultado de estas consideraciones, Huygens comenzó a interpretar el fenómeno de la luz como una serie de ondas longitudinales en un medio fluido, etéreo, parecidas a las ondas de sonido en el aire; la concepción del sonido como onda en el aire era una hipótesis asentada gracias a los trabajos de, entre otros, Isaac Beeckman. Curiosamente, Huygens no pensó que las diferentes longitudes de onda podían tener relación con ciertas propiedades de la luz, como por ejemplo los colores. En cambio, propuso que la luz debía concebirse como una mezcla de impulsos propagándose a través de un medio. Le interesaba sobre todo estudiar la *velocidad* de las ondas (que él consideraba finita, en contraste con la idea cartesiana de propagación instantánea de la presión luminosa), y describir la manera en que las ondas, al propagarse en todas las direcciones, se combinaban para formar un frente de onda. En este sentido, la longitud de onda no era una variable que le preocupara especialmente; no era relevante para los temas que le interesaban. Esta actitud ante los fenómenos concretos, los problemas individuales, era algo muy característico de su particular versión de la física mecanicista «cartesiana». Los fenómenos individuales eran estudiados de una manera poco sistemática: sólo importaba que se adecuaran de alguna forma a

[6] Christiaan HUYGENS, *Treatise on Light*, trans. de Sylvanus P. Thompson, Londres, Macmillan, 1912, p. 3. [Edición consultada para la traducción: HUYGENS, *Traité de la Lumiere*, edición facsímil, Bruselas, Culture et civilisation, 1967, p. 3.]

los principios explicativos estipulados por Descartes. No era, por tanto, algo prioritario lograr una perfecta concordancia entre los diferentes modelos empleados para estudiar fenómenos naturales concretos. Así, según Huygens, las partículas microscópicas que le servían para explicar la gravitación, por ejemplo, podían no ser totalmente compatibles con el medio estacionario por el que se propagaban las ondas de luz, etc.

Es posible que Huygens fuera la figura más influyente en los círculos serios de filosofía natural (como la Académie des Sciences), pero sin duda el mayor exponente de (una versión de) la filosofía natural cartesiana en el París culto fue Jacques Rohault. Orador público de cierto renombre en la capital, durante la década de 1660 Rohault se dedicó a divulgar las ideas de Descartes, tomando como referencia las demostraciones experimentales de los fenómenos físicos propias de las matemáticas aplicadas, centradas en el estudio de efectos ópticos, barométricos, magnéticos, etc. En 1671 publicó su *Traité de physique* (*Tratado sobre física*), un compendio de sus conferencias públicas sobre la materia. En este trabajo, aunque ahora nos pueda parecer algo convencional, Rohault pone un especial énfasis en el papel de la razón y de la experiencia a la hora de generar conocimientos sobre la realidad natural; lo hace sobre todo en el prefacio del libro, que incluye un análisis de la historia del conocimiento desde la antigüedad hasta el presente (una estrategia argumentativa también empleada por Bacon, como ya vimos). Al igual que este último, Rohault se interesa por la manera en que, con el paso del tiempo, los saberes aumentan y, en consecuencia, se va perdiendo el respeto por los pensadores de la antigüedad, en especial Aristóteles. Como Descartes, Rohault se burla de la complejidad y falta de inteligibilidad de las definiciones de la filosofía aristotélica (sobre todo la de movimiento, que Descartes, a su vez, ya había criticado en su *Le monde*). También, Rohault hace propio el rechazo baconiano, en el *Nuevo Órgano,* a las disputas sobre la divisibilidad de la materia, aduciendo, al igual que Bacon, que este tipo de discusiones no tenían ningún sentido puesto que carecían de implicaciones *prácticas*[7]. Esta concordancia entre la supuesta claridad de los principios explicativos de Descartes y los criterios prácticos de la filosofía natural baconiana es muy característica

---

[7] Ambos en *Rohault's System of Natural Philosophy, Illustrated with Dr. Samuel Clarke's Notes,* Londres, 1723, una versión en inglés del *Traité de physique* de 1671, vol. I, Prefacio del autor, p. A6r. Sobre los comentarios de Bacon, véase capítulo 3, sección tercera.

del enfoque funcional y no-metafísico de Rohault a la hora de plantear sus explicaciones mecanicistas de los resultados de sus experimentos. Rohault insiste también en la importancia de las matemáticas, y su contribución a que la investigación, en cualquiera área del saber, sea más comprensible. De hecho, lamenta que lo habitual sea separar las matemáticas de la filosofía, y critica «el Método de los Filósofos» por «rechazar las Matemáticas hasta tal punto que sus principios elementales ni siquiera se enseñan en sus escuelas»[8].

El texto de Rohault consiste en una descripción de las principales maneras en que puede dividirse el mundo natural. Está, por un lado, todo aquello que constituye la física en general (la materia, la verdadera naturaleza de las cualidades percibidas por los sentidos, etc.); por otro lado, la cosmografía (por ejemplo, la estructura del universo como un todo, incluyendo los planetas, los cometas y las estrellas); la tierra (los fenómenos terrestres, incluyendo los meteorológicos), y, finalmente, la estructura del cuerpo humano. Rohault estudia todas estas cuestiones, y lo hace basándose en los escritos de Descartes sobre filosofía natural, especialmente los *Principios de la filosofía* y la obra *Traité de l'homme* (*Tratado sobre el hombre*), escrita originalmente como una continuación de *Le monde* y publicada póstumamente en 1662.

Su manera de proceder es ir presentando los argumentos como si fueran consistentes en sí mismos; no necesita mencionar el nombre de Descartes para apoyar sus ideas, puesto que ya reconoce su autoridad en el prefacio. Así, por ejemplo, en un capítulo acerca de los tres elementos materiales que constituyen el mundo, Rohault imita el estilo cartesiano al preguntarse cómo habría sido posible (sin tener en cuenta la intervención divina) que la materia adoptara su presente forma de manera natural. Según él, la clave estaría en el movimiento relativo de cada uno de los componentes de la materia:

> «Aceptado esto, no puede deberse sino al hecho de que todas estas partículas de materia deben separarse unas de otras, y descomponerse, de manera que aquellas que supuestamente eran muy pequeñas lo sean mucho más pequeñas, hasta adoptar una forma esférica. Así, quedan determinados dos tipos de materia, correspondientes a dos de los tres elementos. Llamamos *primer elemento* a aquello que está formado por un *polvo muy fino,* producto del movimiento de dos

---

8 *Rohault's System,* vol. I, p. Blr.

> partículas (de mayor tamaño) al girar. A estas partículas que giran las denominamos *segundo elemento*. Y como puede suceder que algunas de estas partículas de materia, bien aisladamente o agrupadas, adopten una forma *irregular e indeterminada*, no muy apta para el movimiento, a éstas las denominaremos *tercer elemento*»[9].

La estrategia argumentativa de Rohault, a diferencia de la de Descartes, no tiene como objetivo elaborar una descripción del mundo sistemática, sino más bien proporcionar explicaciones mecanicistas plausibles, intuitivas y parciales, a menudo basadas en analogías con diversos procesos técnicos. De manera similar a Huygens, Rohault defiende una versión de la física cartesiana que permita describir los fenómenos naturales de forma inteligible, es decir, *mecanísticamente*. Para él es suficiente con que sus explicaciones tengan sentido por sí mismas; no le preocupa tanto la consistencia interna de la teoría.

Rohault murió en 1672, y su lugar como principal divulgador en Francia de la filosofía natural mecanicista al estilo cartesiano fue ocupado por Pierre-Sylvain Régis. A diferencia de Rohault, Régis se interesó por preservar la idea, típicamente cartesiana, de *sistema*, lo cual le llevó a discutir aspectos de la filosofía de Descartes de carácter más metafísico. Su trabajo publicado más importante, *Système de philosophie* (*Sistema de filosofía*, de 1690), trataba sobre lógica, metafísica, filosofía moral y física (incluía, por ejemplo, importantes referencias a los estudios experimentales de Robert Boyle). El objetivo de esta obra era promover un tipo de filosofía cartesiana no tan orientada a la práctica ni carente de talante dogmático como la filosofía natural mecanicista de Huygens y Rohault.

A finales de siglo, sin embargo, Régis fue reemplazado por el que la mayoría consideraba el más importante continuador y defensor de la filosofía de Descartes, Nicolas Malebranche, sacerdote francés interesado sobre todo en plantear un cartesianismo de carácter teológico (a pesar de que los aspectos teológicos del cartesianismo habían sido un tema espinoso para Rohault, entre otros). Su obra *Recherche de la vérité* (*Investigación acerca de la verdad*), publicada en 1674 y 1675, se convirtió en uno de los estudios sobre filosofía cartesiana más importantes (a pesar de que apenas trataba las cuestiones físicas

---

[9] *Ibidem*, p. 115.

que interesaban a filósofos naturales como Huygens). Como consecuencia de todos estos esfuerzos por introducir las ideas cartesianas en los currículos de filosofía, durante las décadas finales del siglo XVII las ideas cartesianas empezaron a hacerse un hueco en el programa educativo de las universidades francesas. Sin dejar de ser controvertidas para muchos, poco a poco se fueron estableciendo como una alternativa real a los enfoques aristotélicos y escolásticos.

El cartesianismo también contó con numerosos partidarios en los salones de París, refugios de alto nivel para intelectuales y aspirantes a intelectuales, cuyo número (y relevancia social) aumentó a partir de la segunda mitad del siglo XVII, hasta bien entrado el siglo XVIII. A diferencia de las universidades, las academias y otros espacios de opinión, los salones estaban presididos por mujeres, y tanto hombres como mujeres tomaban parte en los eventos allí organizados. Las reuniones se celebraban semanalmente, los días designados, por las tardes, en la residencia de alguna figura notable (poco interesada, por lo común, en las temáticas a tratar). Lo habitual era que las esposas de estos individuos se encargaran de supervisar las reuniones; de alguna manera, su prestigio social se medía por el renombre de las figuras literarias y filosóficas que lograban reunir a su alrededor. Así, por ejemplo, fueron muchas las mujeres francesas, autoras de textos filosóficos y literarios, que participaron en las reuniones organizadas por Madeleine de Scudéry (hermana del dramaturgo, y miembro de la Académie Française, Georges de Scudéry) o la Marquesa de Rambouillet. La cultura de salón proporcionaba a estas mujeres una oportunidad única de tratar ciertas temáticas a las que habitualmente no tenían acceso, y que, debido a como estaba estructurada la educación, eran competencia exclusiva de los hombres. Y es que aparte de las lecturas que podían realizar en el ámbito privado, la única manera que tenían las mujeres francesas de formarse en materias filosóficas, más específicamente en materias de filosofía natural, era asistiendo a alguna de las conferencias públicas que Rohault y muchos otros organizaban en París. Dadas estas circunstancias, numerosas mujeres incorporaron las ideas cartesianas a su discurso filosófico para justificar, y reforzar al mismo tiempo, su propio papel, como mujeres, en esta nueva cultura de salón.

El principal argumento era el siguiente: puesto que la mente es algo distinto del cuerpo (es una *res cogitans,* y no materia ordinaria) no hay por tanto una diferencia fundamental entre las mentes de los hombres y las mentes de las mujeres. Como consecuencia de esto, las

mujeres deberían poseer las mismas capacidades intelectuales que los hombres. Por tanto, haciendo algunas concesiones por el hecho (aceptado de forma unánime) de que sus cuerpos son más frágiles, las mujeres podrían desempeñar las mismas funciones que los hombres. De esta forma argumentaba François Poullain de la Barre, autor del célebre aforismo «la mente carece de sexo». Algunas mujeres en estos salones, por ejemplo Catherine Descartes, sobrina del filósofo en cuestión, se opusieron a este dualismo mente-cuerpo, pero al mismo tiempo lo incorporaron a su discurso (como en su día hiciera la princesa Isabel, importante admiradora de Descartes durante la etapa final de su vida). En cualquier caso, desde una perspectiva más amplia, estos ejemplos son una muestra de la gran capacidad de adaptación de los sistemas filosóficos, en este caso el cartesiano, a las circunstancias sociales o políticas[10].

Dentro del contexto de la filosofía natural, el tipo de investigaciones realizadas por Huygens tuvo una enorme influencia, a finales del siglo XVII y principios del XVIII, en el trabajo físico-matemático de los Bernoulli, célebre familia de matemáticos suizos. Durante décadas, hasta bien entrado el siglo XVIII, los Bernoulli llevaron a cabo importantes trabajos teóricos en áreas como la mecánica de fluidos, como parte de un proyecto de investigación basado en principios cartesianos donde elementos teóricos como el concepto de vórtice jugaban un papel central. Otro célebre científico suizo, Leonhard Euler, también realizó importantes investigaciones matemáticas sobre mecánica de fluidos, a mediados del siglo XVIII, como parte de un proyecto conocido entonces como «mecánica racional». Sin embargo, lo que impulsó verdaderamente esta nueva forma de mecánica no fue la filosofía de Descartes, ni la de sus continuadores, sino el trabajo de Isaac Newton, como explicaremos a continuación.

Las alternativas newtonianas

Es importante aclarar, primero de todo, que a finales del siglo XVII no existían dos únicas escuelas de pensamiento, la «cartesiana», por

---

[10] El célebre trabajo de Bernard BOUVIER DE FONTENELLE, *Entretiens sur la pluralité des mondes* (*Conversaciones sobre la pluralidad de mundos*, 1686), presenta una serie de diálogos ficticios, sobre temas de filosofía natural, entre un filósofo (el autor) y una jóven. La cosmología es cartesiana, y el estilo es el propio de la cultura de salón de la época.

un lado, y la «newtoniana», por otro, claramente definidas y enfrentadas. Como ya hemos visto, las investigaciones de aquellos que se consideraban a sí mismos «cartesianos» de ninguna manera constituían algo homogéneo, ni en sus planteamientos ni en sus contenidos; lo mismo sucedía con los denominados «newtonianos». Pero antes de pasar a describir las ideas de estos últimos, detengámonos brevemente en una importante figura de finales del siglo XVII, muy vinculada al proyecto cartesiano: el filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz.

Individuo extraordinario, empeñado en dominar todas las áreas del saber, desde las matemáticas y la lógica a la historia y la lingüística, Leibniz trabajó durante más de treinta años, hasta su muerte en 1716, al servicio de la familia dirigente del Estado alemán de Braunschweig. Su importancia como filósofo radica en sus críticas a Descartes, y su negativa aceptar algunos de los principios básicos propuestos por éste. En lo que a filosofía natural se refiere, sus aportaciones a la física matemática fueron muy relevantes, sobre todo en el área de la mecánica (sus ideas contribuyeron enormemente al desarrollo, durante el siglo XVIII, de la mecánica racional). No obstante, su enfoque era marcadamente metafísico, más, si cabe, que el del propio Descartes. Su particular solución al problema del dualismo mente-cuerpo cartesiano así lo evidencia. Como ya vimos, de entre las propuestas más controvertidas de Descartes destacaba la idea de diferenciar, en el cuerpo humano, entre mente (*res cogitans*) y cuerpo (materia ordinaria/extensión). El problema era determinar cómo la mente y el cuerpo podían interactuar tratándose de entidades totalmente diferentes (puesto que la mente carece de propiedades materiales o mecánicas, y el cuerpo material carece de propiedades mentales). El propio Descartes no había sido capaz de proporcionar una respuesta satisfactoria a este problema. La solución propuesta por Leibniz fue particularmente radical: propuso que existía una «armonía preestablecida» entre la mente y el cuerpo. Según Leibniz, Dios había diseñado el mundo de manera que todo aquello que la mente deseara o experimentara se correspondiese (de manera no causal) con las reacciones físicas del mundo material. Así, por ejemplo, si decido golpear una piedra con el pie, lo hago, y la piedra se mueve (un evento observable), en realidad todos los procesos físicos de esa secuencia ocurren independientemente de los procesos mentales. La solución de Leibniz al problema del dualismo mente-cuerpo recurría por tanto a factores imperceptibles, situados en un plano diferente al de la realidad (meta-físicos, de algún modo).

Con respecto a la relación entre Leibniz y Newton, las disputas entre ambos, como veremos más adelante, fueron mucho más directas e intensas, sobre todo a partir de la agria polémica surgida en torno a la invención del cálculo. Newton había inventado una versión del cálculo infinitesimal, que posteriormente desarrollaría entre 1665 y 1666, el mismo año en que publicó sus originales investigaciones sobre la luz y los colores (véase capítulo 7). De hecho, este período entre 1665 y 1666 es conocido como el *annus mirabilis* de Newton, puesto que por aquel entonces también comenzó los trabajos sobre gravitación que le harían famoso.

Debido a la propagación de la plaga, ese año Newton abandonó Cambridge (donde se acababa de graduar) y se trasladó a la residencia que su familia tenía en Grantham, Lincolnshire. Su cuaderno de anotaciones de esta época, que se ha conservado hasta hoy, contiene ideas, reflexiones, observaciones sobre lecturas y experimentos que demuestran que Newton conocía muy bien la filosofía natural de entonces, incluida la de Descartes. Sus primeras ideas sobre la gravedad, por ejemplo, las desarrolló a partir de un problema planteado por Galileo en su *Dialogo* de 1632 (la obra acababa de ser traducida del italiano al inglés). Galileo se había preguntado por qué si la tierra gira sobre su propio eje los objetos que se hallan en su superficie no salen despedidos. Esta pregunta hizo que Newton se planteara cuál podía ser la fuerza centrífuga en la superficie de la tierra (desconocía los trabajos sin publicar de Huygens sobre esta misma cuestión). También le llevó a comparar esta fuerza hacia fuera, centrífuga, con la fuerza de la gravedad, causante de que los cuerpos, a pesar del movimiento giratorio de la tierra, fueran atraídos hacia su centro.

El resultado de estas investigaciones fue un análisis del movimiento circular idéntico al de Huygens (por ser los dos versiones de la célebre fórmula $F = (mv^2)/r$). Puesto que conocía su velocidad en órbita así como la distancia que la separaba de la tierra, Newton se basó en el movimiento de la luna para poner a prueba sus resultados. Su hipótesis era la siguiente: si el movimiento de la luna era similar al de un cuerpo cerca de la superficie de la tierra, y su tendencia centrífuga quedaba compensada por la tendencia gravitatoria, entonces, de acuerdo con la fórmula de Newton, la fuerza gravitatoria sobre la luna debía disminuir en proporción a $(1/r^2 - 1/R^2)$, donde r es el radio de la tierra y R el radio de la órbita lunar. Mucho más tarde, Newton aseguraría que en este punto abandonó su análisis porque la cifra que estaba empleando como radio de la tierra era errónea, y que por ello

los resultados de su ecuación no coincidían con lo observado. En cualquier caso, Newton no volvería a interesarse por estos temas hasta diez años más tarde.

Parece ser que fue la famosa visita de Edmund Halley, en 1684, al entonces eminente *Lucasian professor* de matemáticas en Cambridge lo que le llevó a Newton a comenzar su célebre trabajo *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Principios matemáticos de filosofía natural*), publicado en 1687. Halley, que actuaba como una especie de emisario de la Royal Society, quería averiguar cuál sería la trayectoria de un cuerpo en órbita alrededor de otro cuerpo estacionario, si el cuerpo móvil fuera atraído hacia el cuerpo inmóvil con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos. La pregunta asumía lo que hoy denominamos «inercia rectilínea», propia de un cuerpo sobre el que no actúa ninguna fuerza externa; es decir, que un cuerpo en movimiento, en ausencia de fuerzas, continúa en su estado de movimiento rectilíneo uniforme. Éste era un principio bien asentado para entonces: Gassendi había publicado sobre él en 1642, y también Descartes, en su obra *Principios de la filosofía*, de 1644; Newton, obviamente, lo conocía. En respuesta a la pregunta de Halley, Newton declaró que el cuerpo describiría una elipse, similar a la trayectoria de los planetas alrededor del sol. Halley le animó a que publicara el resultado. Hacerlo le llevó a Newton dos años más de duro trabajo: debía, por un lado, formular los principios de todo un sistema sobre dinámica y mecánica, y, por otro, debía contrastar tal teoría con los datos observacionales y experimentales disponibles (de manera que su modelo sirviese para explicar las diferentes trayectorias en el sistema solar).

Newton incorporó a su planteamiento teorías como las leyes dinámicas y de colisión cartesianas (muy criticadas en su momento), o los resultados de las investigaciones de Huygens sobre la fuerza centrífuga, publicadas sin pruebas en 1673. Para él era sumamente importante que su teoría adoptara el estilo de la geometría clásica, pues sólo así podía fundamentar con rigor matemático sus hipótesis acerca del movimiento, y obtener finalmente un gran «sistema del mundo». Los borradores manuscritos que conservamos acerca de estas investigaciones datan sobre todo del año 1685 y se conocen como *De motu* (*Sobre el movimiento*). Antes de conocer estos manuscritos, se pensaba que Newton había recurrido al cálculo para derivar sus teoremas, y que después los había reformulado en términos de la geometría clásica, para que fueran aceptados por sus con-

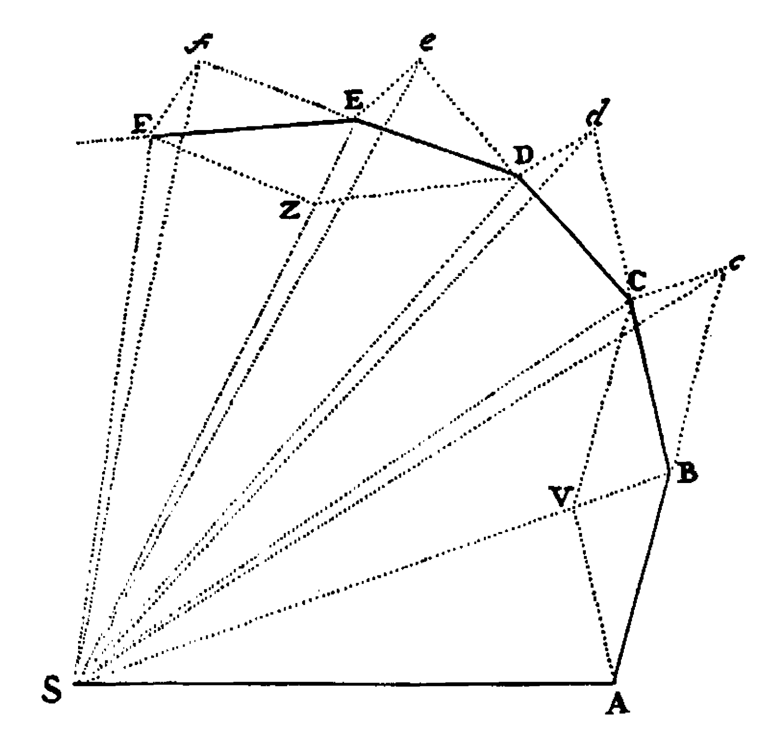


Figura 8.2. Proposición I, Teorema I, de los *Principia mathematica* de Newton, que muestra la ley de áreas iguales. También muestra su interpretación de la fuerza centrípeta en términos de «impulsos».

temporáneos. Los borradores, sin embargo, muestran que desde el principio Newton adoptó el estilo clásico. La geometría deductiva euclidiana era todavía el lenguaje idóneo para un trabajo de tales características (de la misma forma que el latín era todavía el idioma preferido para los textos matemáticos).

Una de las características más notables de los *Principia mathematica* de Newton, a diferencia de la propuesta de Descartes en los *Principia philosophiae,* era que en su planteamiento no es necesario el contacto directo entre los cuerpos como medio para transferir la acción. En su texto Newton habla de «fuerzas», entendido el concepto de fuerza en términos de impulsos que actúan sobre un cuerpo y alteran su velocidad (por ejemplo, su velocidad o la dirección de movimiento, o ambas). No describe mecanismos concretos para

la transmisión de esta fuerza; ni siquiera identifica, en muchos casos, su origen. Tomemos, por ejemplo, el caso propuesto por Halley: determinar la trayectoria de un cuerpo en órbita alrededor de otro estacionario, siendo la fuerza entre ambos una función de la ley del inverso del cuadrado. En los *Principia* Newton describe la trayectoria como una combinación de movimientos inerciales rectilíneos y de impulsos puntuales en dirección al cuerpo central. El resultado es una trayectoria poligonal, que en el límite (un polígono con un número infinito de lados) reproduce la trayectoria buscada. En un análisis como éste, Newton pasa por alto la cuestión del origen o la causa de estos impulsos. De hecho, en la Proposición I, Teorema I, de los *Principia,* que viene a ser una reformulación de la Segunda Ley de Kepler, Newton describe cada uno de estos impulsos simplemente como «una fuerza centrípeta [que] produce un único y gran impulso» [11]. Dadas sus reservas ante el tema de las causas, Newton da la impresión de estar evitando un problema más delicado: determinar si esta fuerza es atractiva o repulsiva. El «único y gran impulso» hacia el cuerpo estacionario bien podía ser el resultado de un tipo de atracción ejercida por éste, o bien podía deberse a una especie de impulso externo en su dirección. El análisis de Newton no se detiene en estos asuntos.

En sus primeros trabajos de 1665-1666, sin embargo, Newton sí dejaba claro que la gravedad era una forma de *atracción* en dirección a la tierra (en su ejemplo de la luna, la fuerza gravitacional compensaba la fuerza centrífuga). Otros textos posteriores, en los que explicita aspectos más cualitativos de su filosofía natural, como por ejemplo su *Óptica,* dejan entrever que efectivamente Newton concebía la gravedad como una fuerza de atracción entre dos cuerpos, de manera que el cuerpo «atraído» lo era en dirección al cuerpo «atrayente». Una interpretación de la gravedad muy diferente a la de Descartes y Huygens, para quienes la atracción de un cuerpo en dirección a otro cuerpo central era el resultado de la acción de la materia situada *más allá* del cuerpo en cuestión.

El Libro III de los *Principia mathematica,* donde Newton expone su «Sistema del Mundo», muestra de manera muy clara el tipo de difi-

---

[11] NEWTON, *Principios matemáticos,* Libro I, Sección 2, Proposición 1, Teorema 1, p. 173. Newton acuño el término *fuerza centrípeta* («que impele hacia el centro»), como un correlato de la expresion de Huygens, entonces ya hecha pública, *fuerza centrífuga* («que aleja del centro»).

cultades a las que tuvo que enfrentarse por querer desarrollar sus ideas hasta el final. En este libro, las teorías matemáticas expuestas en los libros anteriores son aplicadas al estudio de ciertos fenómenos observados en el sistema solar (la trayectoria de los planetas, su velocidad en órbita, etc.). Entre otras cosas, se demuestra que las leyes de Kepler podían haberse deducido a partir de los principios físico-matemáticos de Newton, una vez aceptada la hipótesis de que dos cuerpos se atraen con una fuerza que es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos (más específicamente, la distancia entre sus centros de gravedad). En cualquier caso, Newton no especifica cuál es la causa de dicha fuerza. Simplemente señala en los *Principia:*

> «Tomo aquí la palabra atracción de modo genérico para cualquier conato de los cuerpos de acercarse mutuamente [...] Y en el mismo sentido genérico utilizo el término impulso, ocupándome en este tratado no de las especies de fuerzas y cualidades físicas, sino de las cantidades y proposiciones matemáticas»[12].

Más adelante, en la *Óptica,* en la sección donde trata el tema de las fuerzas a distancia, gravitacionales y no gravitacionales, indica: «No examino aquí cómo se puedan realizar esas atracciones. Lo que denomino atracción puede realizarse mediante un impulso o cualesquiera otros medios que me resultan desconocidos. Aquí empleo esa palabra tan sólo para señalar en general cualquier fuerza por la que los cuerpos tiendan unos hacia otros, sea cual sea su causa»[13].

En parte, muchas de las dificultes provenían de la propia filosofía mecanicista, una doctrina, como ya hemos visto, muy extendida (sobre todo la influyente versión cartesiana) en numerosas áreas de la filosofía natural no aristotélica, y en especial en el campo de la física matemática. Newton, al igual que sus contemporáneos, había incorporado a su discurso muchos de los principios del mecanicismo, y obviamente le resultaba complicado renunciar a ellos, en público al menos, de forma clara y consistente. Así, por ejemplo, en una carta de

---

[12] NEWTON, *Principios matemáticos,* p. 360.

[13] Isaac NEWTON, *Opticks, or A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light,* Nueva York, Dover, 1952, p. 376 (Cuetión 31), según la tercera edición de 1717, donde se traduce un texto de la segunda edición, en latín, de 1706 (la primera edición en inglés se publicó en 1704). [Traducción en castellano: NEWTON, *Óptica, o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz,* ed. y trad. de Carlos SOLÍS, Madrid, Alfaguara, 1977, Libro III, Parte I, Cuestión 31, p. 325.]

1692, dirigida a Richard Bentley (quien más adelante sería rector del Trinity College de Cambridge), Newton comenta:

> «Es inconcebible que la materia bruta e inanimada, sin la mediación de alguna otra cosa que no es materia, haya de operar sobre y de afectar a otra materia sin contacto mutuo [...] La gravedad debe ser causada por un agente que actúe constantemente según determinadas leyes, pero el problema de si ese agente es material o inmaterial es algo que he dejado a la consideración de mis lectores» [14].

Esta necesidad que sentía de hallar un elemento mediador que posibilitara la atracción entre dos cuerpos podría interpretarse como una preocupación de corte estrictamente mecanicista. Si la materia quedaba descartada, ¿qué otro elemento realizaba esta función mediadora? Newton llegó a considerar la posibilidad de que el mismo Dios fuera el responsable de los efectos gravitatorios: los cuerpos se moverían de acuerdo a las leyes gravitatorias por efecto directo de la intervención divina, sin mediaciones físicas de ningún tipo. Esta última idea encaja muy bien con el famoso comentario sobre Dios que hace Newton en el Escolio General a la segunda edición de los *Principia mathematica* (1713): «Dura siempre y está presente en todo lugar, y existiendo siempre y en todo lugar, constituye a la duración y al espacio [...] Está reconocido que un dios sumo existe necesariamente: y con la misma necesidad existe *siempre* y en *todo lugar:* De donde también es todo él semejante a sí mismo, todo ojo, todo oído, todo cerebro, todo brazo, todo fuerza de sentir, de entender, de actuar, pero en modo alguno a la manera humana, o la manera corporal» [15].

También, en la Investigación 31 de la *Óptica,* Newton escribe que los aspectos más característicos de los animales, al igual que los del sistema solar, «no pueden deberse más que a la sabiduría y habilidad de un agente poderoso y siempreviviente que, al estar en todas partes, es mucho más capaz de mover con su voluntad los cuerpos que se hallan en su sensorio uniforme e ilimitado» [16].

---

[14] Citado en Alexandre KOYRÉ, *From the Closed World to the Infinite Universe,* Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1957, p. 178. [Traducción en castellano: KOYRÉ, *Del mundo cerrado al universo infinito,* trad. de Carlos Solís, Madrid, Siglo XXI, 1984, pp. 167-168.]

[15] NEWTON, *Principios matemáticos,* pp. 783-784.

[16] NEWTON, *Óptica,* p. 348.

El denominado «newtonianismo» como doctrina filosófica, o ideología, se centró sobre todo en este tipo de cuestiones, y no tanto en problemas de física matemática de carácter más técnico. Entre los primeros seguidores de Newton había, por ejemplo, personas del ámbito de la Iglesia, como el ya mencionado Bentley, que se dedicó a promulgar ciertas versiones del universo newtoniano con fines teológicos y políticos concretos. En concreto, Bentley fue el responsable de la primera de las *Boyle Lectures,* una serie de conferencias anuales creadas por voluntad expresa de Robert Boyle (fallecido en el año 1691), que pronto se convirtieron en un foro importante para la divulgación del newtonianismo. Durante la fase de preparación de su discurso Bentley escribió a Newton para preguntarle en qué medida su filosofía natural podía apoyar a la religión cristiana en su lucha «contra ciertos infieles de renombre», como había indicado Boyle. La respuesta de Newton no puede ser más elocuente: «Cuando escribía mi tratado sobre nuestro mundo [los *Principia*] no dejaba de pensar en cómo aquellos Principios podían hacer que los hombres consideraran la creencia en un Dios, así que nada me alegra más que el hecho de saber que al final puedan resultar útiles en ese sentido» [17].

Hasta principios del siglo XVIII, la mayoría de los *Boyle Lecturers* posteriores, como por ejemplo Samuel Clarke, William Whiston o el popular William Derham, continuaron incorporando a sus discursos diferentes versiones de las ideas newtonianas sobre el mundo y la relación de Dios con él. El hecho de que las conferencias se editaran y publicaran en forma de libro sin duda contribuyó enormemente a la promoción del newtonianismo. De hecho, para muchos miembros de la sociedad culta de Gran Bretaña de principios del siglo XVIII algunas de estas conferencias, publicadas, constituyeron su primera toma de contacto con la filosofía natural de Newton.

El newtonianismo

El newtonianismo como tal, es decir, como un movimiento bien definido, con un estilo filosófico propio y un número significativo de

[17] Citado en Margaret C. JACOB, *The Newtonians and the English Revolution, 1689-1720,* Ithaca, Cornell University Press, 1976, p. 156. [Fuente: NEWTON, *The Correspondence of Sir Isaac Newton,* ed. de H. W. TURNBULL, Cambridge, 1961, vol. III, p. 233.]

partidarios, empezó a cobrar fuerza realmente a partir del año 1703, cuando Newton accedió a la presidencia de la Royal Society. (Había estado residiendo en Londres desde que en 1696 abandonara Cambridge para ocupar el cargo de director de la Moneda.) Newton fue presidente de la Royal Society hasta su muerte, en 1727. Fueron veinticuatro años de liderazgo durante los cuales se acabó imponiendo una especie de ortodoxia ideológica, consecuencia sobre todo de las reacciones de los partidarios de Newton ante las críticas que le llegaban a éste desde el continente. Entre todos aquellos que se oponían a las ideas newtonianas destacaba, recordemos, el filósofo alemán Leibniz.

Cuando Newton publicó los *Principia mathematica* en 1687, las reacciones de Leibniz, Huygens y otros filósofos del continente como Régis fueron negativas. El principal motivo de sus críticas era la excesiva ambición del proyecto newtoniano: según ellos, la obra de Newton era un trabajo matemático que se hacía pasar por texto de filosofía natural. El autor (quizás se tratara del propio Régis) de una reseña sobre el libro en el *Journal des Sçavans,* la publicación sobre filosofía más importante de Francia, resumía sus críticas de esta forma: «Si quiere realizar un trabajo perfecto, M. Newton sólo tiene que presentar una Física tan exacta como su Mecánica. Lo logrará cuando deje de referirse a fenómenos establecidos por él mismo, y se centre en aquellos fenómenos que suceden de verdad» [18]. Este comentario viene a decir que es imposible que una mera *descripción* matemática (su «Mecánica») genere una explicación física. Los fenómenos a los que se refiere el comentarista son aquellos cuya causa es posible determinar. Newton, en cambio, había postulado ciertos fenómenos como productos de las fuerzas gravitacionales, pero no había proporcionado una explicación acerca de tales fuerzas. La crítica de Huygens iba en la misma línea. Algo faltaba en los planteamientos de Newton, algo que él mismo (Huygens) había buscado con su propia teoría sobre la gravitación, desarrollada, como vimos, mucho antes de la publicación de los *Principia:* una explicación de orden físico de la gravedad.

Por lo que respecta a Leibniz, éste también se había atrevido con el problema de la dinámica celeste en su obra *Tentamen de motuum*

---

[18] Citado en Alexandre KOYRÉ, *Newtonian Studies,* Chicago, University of Chicago Press, 1965, p. 115.

coelestium causis (*Ensayo sobre las causas de los movimientos celestes*). Este trabajo monográfico apareció publicado en 1689, en el *Acta eruditorum,* una nueva revista alemana sobre filosofía natural y otros temas, con sede en Leipzig. Leibniz había escrito este ensayo en parte como respuesta a una reseña de los *Principia mathematica* publicada en el *Acta.* Antes había dado a entender que estaba familiarizado con la obra de Newton.

Aun reconociendo la existencia de una fuerza de atracción gravitacional, supuestamente demostrada por los trabajos de Newton, Leibniz, al igual que Huygens, estaba interesado sobre todo en *explicar* esta fuerza. Lo intentó proponiendo que ciertos «impulsos lineales» provenientes del cuerpo «atrayente», transmitidos mediante algún tipo de fluido (vórtice), provocarían en los cuerpos celestes una tendencia centrípeta, hacia el centro del cuerpo estacionario (una hipótesis muy similar a los planteamientos de Huygens y Descartes).

Las subsiguientes controversias con Newton se desarrollaron por mediación de segundos, y alcanzaron su momento más álgido dos décadas después de este primer encuentro, indirecto, entre los dos. En 1713, a raíz de la publicación de la segunda edición de los *Principia,* Roger Cotes, discípulo de Newton y editor responsable de esta segunda edición, incluyó en el libro un prefacio en respuesta a las críticas contra Newton. En este prefacio Cotes se burla de las tentativas de individuos como Leibniz, que habían propuesto la existencia de numerosas clases de éter y diferentes atmósferas para explicar el fenómeno de la gravedad. Cotes les acusa de ser los responsables de inventar una «ingeniosa fantasía», basada en falsas conjeturas. Mencionando explícitamente, como enemigos, a todos aquellos que seguían «los criterios de *Descartes*», Cotes recrimina con firmeza:

> «Compete a la verdadera filosofía derivar la naturaleza de las cosas de causas realmente existentes; esto es, buscar aquellas leyes con las que el mismo artífice quiso establecer el maravilloso orden de este mundo, no aquellas con las que pudo hacerlo si así le hubiese parecido» [19].

---

[19] NEWTON, *Principios matemáticos,* p. 112.

Leibniz no tardó en asumir este desafío, y respondió atacando los postulados metafísicos y teológicos de la filosofía de Newton, con el fin de poner en evidencia los presupuestos teóricos, equivocados, de éste. Newton podía intentar escudarse tras su determinación a no hablar de causas y limitarse a producir hechos concretos y demostrables, pero Leibniz logró mostrar que su teoría estaba basada en ciertas presuposiciones, muy cuestionables, sobre temas como la naturaleza del espacio y del tiempo, la materia y Dios.

El consiguiente debate se desarrolló a través de la correspondencia, publicada, entre Leibniz y Samuel Clarke (uno de los *Boyle Lecturers,* en representación de Newton). A lo largo de este intercambio de misivas, que se inició en 1715 y terminó con la muerte de Leibniz en 1716, las ideas más fundamentales de la teoría de Newton fueron discutidas al detalle. Según Leibniz, la gravitación en la versión de Newton era un «milagro perpetuo», una concepción ajena a los objetivos auténticos de la filosofía; sus nociones de espacio absoluto y tiempo absoluto eran también erróneas (Leibniz defendía un espacio y tiempo relativos). Para colmo, según Leibniz, Newton consideraba que Dios era un demiurgo imperfecto. Este último reproche se lo dirigía Leibniz a Newton por creer (así lo manifestaba expresamente este último en el Escolio General de la segunda edición de los *Principia mathematica*) que la atracción gravitacional entre los planetas amenazaba seriamente la estabilidad del sistema solar, y que éste, eventualmente, podría acabar convirtiéndose en un sistema caótico. A Newton no le importaba reconocer esta imperfección, pues así podía argumentar a favor de la existencia de una Divina Providencia, garante de la estabilidad en el universo gracias a sus intervenciones puntuales. Para Leibniz, sin embargo, el hecho de que el mundo dependiera de la intervención divina se interpretaba como un signo de imperfección en la labor creadora de Dios.

El movimiento de apoyo a las ideas de Newton durante los años en que éste fue presidente de la Royal Society estuvo extraordinariamente bien organizado, de una manera que no siempre es fácil determinar. Newton administró muy hábilmente su poder como presidente, recompensando la fidelidad de sus partidarios con la adjudicación de puestos específicos dentro y fuera de la Royal Society, promociones, nombramientos, etc. El resultado de este mecenazgo institucional (exclusivamente asociado a su persona) fue un arraigado sentimiento de lealtad hacia Newton, como demuestran los esfuerzos de Cotes y Clarke por enfrentarse a los críticos de la filosofía natural de

los *Principia mathematica* a principios del siglo XVIII[20]. Fueron muchos, también, los que defendieron las investigaciones newtonianas sobre óptica (en particular las publicadas en su *Óptica* de 1704) de las críticas provenientes del extranjero; entre ellos, por ejemplo, dos *Curator of Experiments* de la Royal Society durante la presidencia de Newton: Francis Hauksbee, primero, y después, desde 1714, John Desaguliers (inglés, de ascendencia francesa hugonote). Ambos aprovecharon sus investigaciones experimentales para intentar demostrar todo tipo de planteamientos newtonianos, desde cuestiones relacionadas con la naturaleza de la materia hasta problemas como caracterizar las fuerzas atractivas y repulsivas que según Newton (sobre todo en las últimas ediciones de su *Óptica*) operaban a corta distancia y producían efectos químicos y eléctricos. Fuera del entorno de la Royal Society, Desaguliers organizó numerosas conferencias públicas en Londres y escribió un popular manual, titulado *A Course of Experimental Philosophy* (*Curso de filosofía experimental*), del que se publicaron numerosas ediciones. Con esta versión impresa de sus experimentos y enseñanzas filosóficas Desaguliers consiguió que el newtonianismo llegara a un público más amplio; un newtonianismo que, basado en un enfoque experimental, con ideas como la fuerza a distancia entre partículas o la vacuidad del espacio, contrastaba con el enfoque supuestamente racionalista de Descartes, partidario de ideas como la transmisión de fuerzas por contacto entre cuerpos o la materia/extensión universal.

A lo largo del siglo XVIII, la expansión del newtonianismo en Inglaterra, y en el continente, quedó asociada a los planteamientos filosóficos de John Locke, sobre todo los publicados en su famosa obra de 1690 *Essay Concerning Human Understanding* (*Ensayo sobre el entendimiento humano*). Locke, cuyo interés principal era investigar los fundamentos del conocimiento humano, se caracterizaba a sí mismo como un «trabajador» al servicio de los experimentalistas de la Royal Society (era amigo personal de Newton y de Boyle, a quien había ayudado en la publicación de algunas de sus obras). Su insistencia en adoptar el empirismo como única vía de conocimiento coincidía claramente con el enfoque experimentalista de la filosofía natural de Newton. Para este último sus propios hallazgos científicos eran

[20] Lo que en 1723 se tradujo como el *Sistema de filosofía natural* de Rohault en realidad fue la edición latina (1697) del manual cartesiano de Rohault de 1671, anotada por Clarke.

el resultado de la experimentación y la observación, y no la consecuencia de ciertas «ideas innatas», como las propuestas por Descartes. Los planteamientos de Locke, según la lectura que durante el siglo XVIII se hizo de sus textos, iban en la misma línea, aunque de forma más elaborada.

Sin embargo, dos áreas muy importantes del pensamiento y de la obra del propio Newton no fueron incorporadas al newtonianismo del siglo XVIII: la teología, incluyendo los estudios de Newton sobre cronología bíblica y profecías, y la alquimia, tema al que se había dedicado durante años, sobre todo en la década de 1670 (véase capítulo 1, sección cuarta, sobre el tema de la alquimia). El newtonianismo posterior a Newton puso un gran énfasis en el empirismo racionalista que había inspirado las publicaciones de éste y seguía inspirando las obras de sus partidarios, incluyendo algunos textos aislados a favor de la nueva ortodoxia anglicana impuesta tras la «gloriosa» revolución de 1688, un evento que el propio Newton, como miembro del Parlamento por la universidad de Cambridge, había apoyado con entusiasmo.

Narrar la historia de los debates entre «cartesianos» y «newtonianos» durante el siglo XVIII nos llevaría más allá de los límites de este libro. Es importante señalar, sin embargo, que no fue una historia sin complicaciones, una historia en la que la «verdad» newtoniana acabó derrotando a la «fantasía» cartesiana (que es como algunos críticos describían el universo mecánico de Descartes). La complejidad de los argumentos (metafísicos, matemáticos y experimentales) era tal que incluso a finales del siglo XVIII, cuando a Newton se le atribuía la victoria en esta supuesta contienda, lo que se consideraba «newtonianismo» era algo muy diferente de lo que el propio Newton habría defendido. El «newtonianismo» de finales del siglo XVIII era en realidad una mezcla de las ideas de Newton, Descartes, Leibniz y de muchos otros.

Conclusión

Los saberes imprescindibles en el 1700

Newton murió en el año 1727. Para entonces la imagen que la Europa culta tenía de la realidad natural había cambiado radicalmente en comparación con la manera de percibir el mundo propia del 1500. El nuevo conocimiento de la naturaleza estaba ahora centrado en cuestiones de carácter práctico, funcional. El viraje hacia estas temáticas ya lo habían dado, a finales del siglo XVII, filósofos naturales de la talla de Huygens o el propio Newton. Huygens, por ejemplo, dedicó muchos esfuerzos a resolver el problema de la longitud en el mar, una cuestión de enorme interés para los nuevos Estados comerciantes de Europa (como los Países Bajos, de donde provenía). No sólo se enfrentó a dificultades teóricas relacionadas con el uso del péndulo (cuya función como instrumento para medir el tiempo había sido sugerida antes por Galileo), también trabajó en el diseño de un prototipo de cronómetro que pudiera utilizarse en alta mar (que fue puesto a prueba por los navíos franceses en sus largas travesías). Este giro hacia temáticas de carácter práctico, no contemplativo, era en parte consecuencia de la retórica baconiana que había inspirado las actividades de la Royal Society en sus comienzos, una retórica que influyó en el propio Huygens (y en la Real Academia de Ciencias de París) y que seguía vigente a principios del siglo XVIII, cuando la filosofía natural newtoniana empezaba a ser una teoría asentada.

Podemos decir, por tanto, que esta transformación cultural a gran escala fue el resultado del desarrollo y la consolidación, a lo largo del siglo XVI y sobre todo del XVII, de una «filosofía natural» diseñada para controlar la realidad, dominar el mundo. En el año 1500 el saber

europeo, confinado en espacios formales, oficiales, como la universidad, estaba interesado en una comprensión de la realidad de carácter abstracto, contemplativo. Las implicaciones sociales de estas formas de conocimiento no eran inexistentes pero estaban mediadas por instituciones (sobre todo la Iglesia), muy poco interesadas en profundizar en un estudio de la naturaleza con el fin de controlarla. Sin embargo, durante los siglos XVI y XVII las naciones europeas empezaron a extender su dominio por otras partes del globo de una manera nunca vista hasta entonces. Como consecuencia de esto se empezaron a valorar aquellos saberes que permitían explorar el mundo más allá de los límites de Europa, bien con el objetivo de apropiarse de él (como en el caso de la geografía y la historia natural), bien con el fin de dominarlo, cultural o materialmente (como por ejemplo la ciencia de la navegación o la mecánica, o incluso, como en el caso de Matteo Ricci y su uso de las matemáticas, para establecerse en la Corte de China). La consolidación de la retórica baconiana durante el siglo XVII, combinada con el bienestar social, era un reflejo de los cambios a gran escala que se estaban viviendo en Europa.

Los principales impulsores de esta revolución de las ciencias fueron los Estados mercantes de la Europa occidental. Los casos de Francia, Inglaterra o los Países Bajos muestran muy claramente las relaciones entre la expansión colonial y mercantil y las nuevas expectativas del saber europeo en estos siglos. Otros países menos activos desde un punto de vista comercial, como por ejemplo España, la potencia colonial más importante del período en términos de riquezas obtenidas y tierras conquistadas, tomaron otros derroteros y desempeñaron un papel menor (aunque en el ámbito hispano sí destaca el interés por estudiar la historia natural del Nuevo Mundo).

Al mismo tiempo, mientras que el siglo XVI había estado dominado por el proyecto intelectual humanista, cuyo objetivo era recuperar (hacer «renacer») la civilización y la cultura de la antigüedad clásica, el siglo XVII fue testigo de la aparición de un nuevo interés, ejemplificado por Bacon y Descartes, por avanzar a grandes pasos con innovadores programas intelectuales. Recurrir a lo antiguo siguió siendo un recurso teórico importante para muchos, pero ahora competía con aspiraciones a la novedad que justificaban un acercamiento a la naturaleza a través de un «método» y no tomando como base el enfoque clásico precedente.

La prueba de que estos métodos eran eficaces se suponía que residía en los resultados de carácter práctico, funcional, que supuesta-

mente se obtenían a partir de ellos: el método inductivo de Bacon, por ejemplo, producía «hechos»; el método de Descartes producía (según su ensayo *Dióptrica*) lentes ópticas mejores, la prolongación de la vida, etc.

De todas maneras, el proyecto de la «filosofía natural», en un sentido muy amplio, conservó algunas características fundamentales, a pesar de los cambios. A lo largo de todo este período, la figura de Dios, por ejemplo, fue una constante en todos los planteamientos, tanto si se trataba del Dios medieval del universo aristotélico de Tomás de Aquino o si era el Dios de los newtonianos, libre de actuar a su voluntad, consciente en todo momento de los sucesos del universo gracias a su omnipresencia a través del espacio absoluto (lo que Newton llamaba el «sensorio universal»). En este sentido, la filosofía natural produjo muy pocos ateos genuinos a lo largo de los siglos XVI y XVII, aunque esto cambió en el siglo XVIII.

Sería algo apresurado interpretar la llamada «revolución científica» como un mero producto de la expansión europea. La aparición, durante el siglo XVII, de universos infinitos, como los postulados por Descartes y Newton (con el planeta tierra en órbita alrededor del sol) es una muestra de las enormes transformaciones intelectuales que sacudieron el mundo de la Europa culta durante este período. Fueron los proyectos de corte pragmático, saberes funcionales, matemáticos, ejercicios de clasificación y catalogación (como en el caso de la historia natural), los que propiciaron este viraje hacia cuestiones de orden práctico. La principal consecuencia de todo esto fue la creación de un nuevo universo y, por tanto, de una nueva filosofía natural.

La alta cultura europea, en relación al menos con la comprensión del mundo natural, experimentó un cambio, una transición: pasó de centrarse en la *vita contemplativa* a poner el énfasis en la *vita activa,* por usar la terminología latina habitual entre los eruditos de este período[1]. El «saber cómo» (*know how*) empezaba ahora a ser considerado tan importante como el «saber por qué» (*know why*). Con el paso del tiempo, ambos enfoques se acercarían cada vez más a medida que Europa adquiría más conocimientos sobre el mundo con el fin de dominarlo. El mundo moderno europeo a principios del siglo XVIII, en definitiva, era muy parecido al mundo que Francis Bacon había imaginado.

---

[1] Véase capítulo 3, sección segunda.

Dramatis Personae

En esta lista figuran la mayoría de los individuos mencionados en el texto. Obviamente no se incluye, de manera exhaustiva, toda la gente relevante relacionada con las ciencias durante los siglos XVI y XVII. Una fuente excelente de referencias, tanto biográficas como bibliográficas, acerca de todas estas personas, y muchas otras, es Charles C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography,* Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1970-1980. (Todas las fechas son d. de C. a menos que se indique lo contrario.)

Agricola, Georgius (1494-1555): autor alemán del libro *De re metallica* (1556), un trabajo sobre minería y metalurgia.
Aldrovandi, Ulisse (1522-1605): botánico italiano.
Apolonio de Perga (segunda mitad del siglo III-principios del siglo II a. de C.): astrónomo y matemático de la antigua Grecia.
Aquino, Tomás de (c. 1224-1274): filósofo aristotélico y teólogo católico.
Arquímedes (c. 287-212 a. de C.): matemático griego que escribió sobre centros de gravedad e hidrostática.
Aristóteles (384-322 a. de C.): filósofo griego, de enorme relevancia para las universidades medievales y temprano-modernas; insistió en el papel de los sentidos como fuente del conocimiento.
Averröes [Ibn Rushd] (1126-1198): comentarista árabe de los trabajos de Aristóteles.
Avicena [Ibn Sina] (980-1037): escritor árabe sobre medicina y comentarista de Aristóteles.
Bacon, Francis (1561-1626): estadista inglés y defensor del valor práctico del conocimiento natural para la vida humana.
Bacon, Roger (c. 1219-c. 1292): sacerdote franciscano inglés que insistió en la relación entre conocimiento e invenciones prácticas (*scientia experimentalis*).

Baldi, Bernardino (1553-1617): matemático humanista y colaborador de Guidobaldo dal Monte.

Beeckman, Isaac (1588-1637): maestro holandés; partidario del corpuscularismo, y una influencia temprana sobre Descartes.

Bentley, Richard (1662-1742): discípulo inglés de Newton.

Bernoulli (finales del siglo XVII-siglo XVIII): familia de matemáticos suizos.

Biancani, Giuseppe (1566-1624): jesuita italiano, matemático.

Biringuccio, Vannuccio (1480-c. 1539): autor italiano del libro *Pirotechnia* (1540), trabajo sobre metalurgia, similar al ya mencionado de Agricola.

Borelli, Giovanni Alfonso (1608-1679): miembro italiano de la Accademia del Cimento; matemático y fisiólogo.

Boyle, Robert (1627-1691): importante miembro inglés de la Royal Society; experimentalista y defensor de la «filosofía mecanicista».

Bruno, Giordano (1548-1600): partidario italiano de teorías poco ortodoxas acerca del universo, en las que se defendía la movilidad de la tierra y la negación de la Santísima Trinidad, herejías por las que la Iglesia católica en Roma le condenó a morir en la hoguera.

Campanella, Tommaso (1568-1639): autor italiano del trabajo utópico *La ciudad del sol* (1623) y miembro de la orden católica de los dominicos que pasó la mayor parte de su vida en la cárcel debido a sus ideas políticas.

Cardano, Girolamo (1501-1576): matemático, filósofo y astrólogo italiano.

Casaubon, Isaac (1559-1614): académico humanista, hugonote, que proporcionó las primeras pruebas de que los textos herméticos pertenecían a una época muy posterior a la que hasta entonces estaban adscritos.

Cassini, Gian Domenico (1625-1712): astrónomo italiano y uno de los primeros miembros de la Real Academia de las Ciencias de París.

Cavendish, Margaret (1623-1673): duquesa de Newcastle; escritora inglesa, también filósofa materialista y anti-experimentalista.

Cesi, Federico (1585-1630): fundador italiano de la Academia dei Lyncei.

Cicerón, Marco Tulio (106-43 a. de C.): estadista y orador romano.

Clarke, Samuel (1675-1729): partidario inglés de Newton, *Boyle lecturer,* mantuvo disputas con Leibniz acerca de la filosofía natural newtoniana.

Clavius, Christoph (1537-1612): jesuita alemán, matemático del Collegio Romano.

Commandino, Federico (1509-1575): matemático italiano, traductor de Arquímedes.

Conway, Anne (1631-1679): filósofa inglesa, amiga de Henry More; estudiante de la Cábala, rechazó el dualismo cartesiano.

Copernicus, Nicolaus (1473-1543): astrónomo polaco, anti-ptolemaico; autor de la obra *De revolutionibus* (1543).

Cosme II de Medici (1590-1621): gran duque de Toscana, mecenas florentino de Galileo.

Cotes, Roger (1682-1716): discípulo inglés de Newton, editor de la segunda edición de los *Principia* (1713).

Croll, Oswald (c. 1560-1609): alquimista alemán, seguidor de Paracelso.

Dee, John (1527-1608): matemático y místico inglés.

Desaguliers, John Theophilus (1683-1744): *Curator of Experiments* de la Royal Society y habitual conferenciante sobre temas newtonianos.

Descartes, René (1596-1650): filósofo y matemático francés.

Descartes, Catherine (1637-1706): sobrina de René Descartes, crítica con el dualismo mente-cuerpo.

Digges, Thomas (1546-1595): matemático inglés, temprano partidario del copernicanismo.

Diofanto de Alejandría (fl. c. 250?): matemático griego cuyo trabajo (la *Aritmetica*) estimuló el desarrollo del álgebra.

Dioscorides (fl. 50-70): botánico y médico griego.

Isabel de Bohemia (1618-1680): princesa hija del rey de Bohemia Federico V; intercambió correspondencia de carácter filosófico con Descartes, quien le dedicó su obra *Las pasiones del alma* (1647). Más tarde fue abadesa.

Epicuro (341-270 a. de C.): filósofo y atomista griego.

Euclides (fl. c. 295 a. de. C.): matemático griego, autor de los *Elementos*.

Ficino, Marsilio (1433-1499): filósofo italiano, platónico; tradujo las obras de Platón y los textos de Hermes Trismegistus.

Galeno (129-c. 200): médico y anatomista griego.

Galileo Galilei (1564-1642): astrónomo, matemático y filósofo natural italiano.

Gassendi, Pierre (1592-1655): filósofo escéptico francés, renovó el interés por el atomismo epicúreo.

Gilbert, William (1544-1603): filósofo natural inglés, conocido por sus trabajos sobre magnetismo (*De magnete*, 1600).

Halley, Edmund (1656-1743): astrónomo y filósofo natural inglés.

Harriot, Thomas (c. 1560-1621): matemático inglés.

Harvey, William (1578-1657): médico y anatomista inglés que propuso la circulación de la sangre.

Hauksbee, Francis (c. 1666-1713): experimentalista inglés, *Curator of Experiments* de la Royal Society durante los primeros años de la presidencia de Newton.

Hermes Trismegistus: supuesto personaje mítico de Egipto, autor del denominado *corpus hermético*, conjunto de textos que hasta Causabon (q.v.) se decía que estaban escritos en los tiempos de Moisés.

Hobbes, Thomas (1588-1679): filósofo y matemático inglés.

Hooke, Robert (1635-1702): experimentalista inglés; asistente de Robert Boyle (q.v.) primero, después primer *Curator of Experiments* de la Royal Society. Autor de la obra *Micrographia* (1665).

Huygens, Christiann (1629-1695): filósofo mecanicista y matemático holandés.

Huygens, Constantijn (1596-1687): diplomático holandés, padre de Christiaan.

Kepler, Johannes (1571-1630): matemático y astrónomo alemán.

Kircher, Athanasius (1602-1680): filósofo y polímata jesuita alemán; desarrolló la mayor parte de su trabajo en Roma.

Leibniz, Gottfried Wilhelm (1646-1716): filósofo y matemático alemán.

Leopoldo de Medici (1617-1675): noble florentino, fundador de la Academia del Cimento; después fue cardenal.

Libavius, Andreas (c. 1560-1616): químico alemán.

Locke, John (1632-1704): filósofo inglés, autor del *Essay Concerning Human Understanding* (1690).

Lutero, Martin (1483-1546): reformista religioso alemán, fundador del luteranismo.

Malebranche, Nicolas (1638-1715): filósofo francés, seguidor de Descartes.

Mästlin, Michael (1550-1631): astrónomo alemán, maestro de Kepler (q.v.); fue uno de los primeros copernicanos.

Melanchthon, Philip (1497-1560): seguidor alemán de Martín Lutero (q.v.) y reformista educativo luterano.

Mersenne, Marin (1588-1648): matemático francés, uno de los corresponsales de Descartes más importantes.

Mondino de Liuzzi (c. 1275-1326): médico y anatomista italiano; escribió resúmenes de la doctrina galénica sobre anatomía.

Monte, Guidobaldo dal (1545-1607): noble italiano, matemático y amigo de Galileo.

More, Henry (1614-1687): filósofo inglés (miembro de los «Platónicos de Cambridge»).

Mydorge, Claude (1585-1647): matemático francés, amigo de Descartes.

Newton, Isaac (1642-1727): matemático y filósofo natural inglés; autor de los *Principia* (1687) y la *Óptica* (1704).

Nicolas de Cusa (c. 1401-1464): cardenal de la Iglesia católica, filósofo y defensor de la idea de un universo infinito.

Oldenburg, Henry (c. 1618-1677): expatriado alemán en Inglaterra, primer secretario de la Royal Society y un corresponsal filosófico notable.

Osiander, Andreas (1498-1552): teólogo luterano alemán, escribió el prefacio anónimo al libro de Copérnico *De revolutionibus* (1543).

Paracelso (c. 1493-1541): reformista médico y místico suizo.

Pascal, Blaise (1623-1662): matemático francés.

Peucer, Caspar (1525-1602): astrónomo alemán que enseñó el *De revolutionibus* de Copérnico en la universidad luterana de Wittenberg.

Peurbach, Georg (1423-1462): astrónomo ptolemaico alemán; escribió la obra *Theoricae novae planetarum*.

Piccolomini, Alessandro (1508-1578): filósofo italiano que negó el carácter científico de las matemáticas.

Pico della Mirandola, Giovanni (1463-1494): neoplatónico italiano.

Platón (c. 427-347 a. de C.): el primero de los filósofos racionalistas, maestro de Aristóteles; enseñó que las matemáticas son importantes para la filosofía natural.
Plinio el Viejo (c. 23-79): autor romano de la *Historia Natural.*
Plutarco (c. 46-c. 120): historiador y biógrafo romano.
Power, Henry (1623-1668): filósofo natural inglés, autor de la obra *Filosofía Experimental* (1664).
Ptolomeo, Claudio (c. 100-c. 170): astrónomo griego.
Pirrón de Elis (c. 360-270 a. de C.): filósofo escéptico griego; fundador del pirronismo.
Rambouillet, marquesa de (1588-1665): anfitriona francesa del primer salón parisino importante.
Ray, John (1627-1705): naturalista inglés.
Recorde, Robert (c. 1510-1558): matemático inglés.
Redi, Francesco (1626-1697): médico y zoólogo italiano; miembro de la Academia del Cimento.
Regiomontanus, Johannes (1436-1476): humanista alemán, matemático y astrónomo.
Régis, Pierre Sylvain (1632-1707): divulgador francés del cartesianismo.
Reinhold, Erasmus (1511-1553): astrónomo alemán de la universidad de Wittenberg; basándose en el *De revolutionibus* de Copérnico, produjo las Tablas Pruténicas.
Reuchlin, Johannes (1455-1522): cabalista cristiano alemán.
Rhazes [Al-Razi] (865-925): escritor árabe sobre temas médicos.
Rheticus, Georg Joachim (1514-1574): matemático alemán; discípulo y divulgador de Copérnico.
Ricci, Matteo (1552-1610): jesuita italiano, misionero en China.
Riccioli, Giambattista (1598-1671): jesuita italiano, astrónomo en Bolonia.
Rømer, Ole (1644-1710): astrónomo danés; uno de los primeros miembros de la Real Academia de las Ciencias.
Rouhault, Jacques (1620-1672): divulgador francés del cartesianismo.
Scheiner, Christoph (1573-1650): jesuita alemán, astrónomo.
Scudéry, Madeleine de (1607-1701): anfitriona de salón francesa.
Sexto Empírico (fl. c. 200): filósofo escéptico griego, seguidor de Pirrón de Elis (q.v.).
Sócrates (c. 470-399 a. de C.): filósofo griego, maestro de Platón.
Sprat, Thomas (1635-1713): miembro inglés de la Royal Society y autor de la *History of the Royal Society* (1667).
Tournefort, Joseph Pitton de (1656-1708): naturalista francés.
Tycho Brahe (1546-1601): astrónomo danés, famoso por la precisión de sus observaciones.
Urbano VIII (1568-1644): Papa, electo en 1623; conocido anteriormente como Maffeo Barberini. Bajo su papado Galileo pensó que podría tratar abiertamente el tema del copernicanismo.

Valla, Lorenzo (c. 1406-1457): humanista italiano.

Van Helmont, Johannes Baptista (1579-1644): médico y filósofo alquimista de los Países Bajos españoles (hoy Bélgica).

Vesalius, Andreas (1514-1564): de Bruselas; médico, cirujano y anatomista, autor de la obra *De humani corporis fabrica* (1543).

Viète, François (1540-1603): matemático francés, contribuyó al desarrollo del álgebra.

Vitelo (c. 1230- c. 1275): escritor polaco sobre óptica.

Whiston, William (1667-1752): filósofo y matemático newtoniano, inglés.

Wilkins, John (1614-1672): matemático inglés, uno de los fundadores de la Royal Society.

Wren, Christopher (1632-1723): matemático y arquitecto inglés, miembro de la Royal Society.

Wright, Edward (1561-1615): matemático inglés.

Glosario de los términos más importantes

Absolutismo: sistema o ideal político según el cual todo el poder del Estado reside en manos del monarca; no existen fuentes de autoridad independientes.

Accademia dei Lincei: sociedad de filosofía natural, de la que Galileo fue miembro; el nombre significa, literalmente, «academia de los de ojos de lince».

Accademia del Cimento: academia privada de filosofía experimental fundada en Florencia, en 1657, por el príncipe Leopoldo de Toscana; publicó sus *Saggi di naturali esperienze* (*Ensayos sobre experimentos naturales*) en 1667.

Alquimia: el estudio esotérico de la materia y de sus cambios cualitativos (propiciados sobre todo por la acción del calor); su objetivo era la purificación de la materia, como en el caso de la creación de oro a partir de metales menores (metales «base»). La purificación tenía connotaciones espirituales; por ejemplo, el estado del alma del alquimista era un factor relevante de cara a realizar la operación alquímica con éxito.

Almagesto: importante trabajo astronómico de Ptolomeo, que sentó las bases de la astronomía en el mundo islámico y en la Europa cristiana hasta Copérnico.

Aristotelismo: estilo de filosofía basado en los trabajos del filósofo de la antigua Grecia Aristóteles, que incorporaba muchos de los elementos centrales de su teoría del conocimiento.

Aristotelismo escolástico: estilo de filosofía aristotélica basado en los métodos escolásticos.

Atomismo: doctrina filosófica según la cual los constituyentes fundamentales de la materia son una serie de corpúsculos indivisibles, cuyas propiedades servirían para determinar las de los cuerpos compuestos por ellos.

Averroísmo: una forma de aristotelismo basada en los comentarios que de Aristóteles hizo el filósofo árabe Averroes. Se trata de una interpretación

«de los fundamentos» de la filosofía de Aristóteles, ajena a la doctrina religiosa.

Cábala: filosofía ocultista, de origen judío, según la cual las palabras en el lenguaje hebreo ocultarían, codificado, un saber arcano (que podría ser descubierto mediante la apropiada manipulación de letras).

Cartesianismo: corriente filosófica basada en las ideas centrales de René Descartes. Durante el siglo XVII los temas más importantes fueron su explicación mecanicista de los fenómenos físicos y sus argumentos acerca del dualismo entre mente humana y cuerpo.

Collegio Romano: situado en Roma, fue el colegio más importante y representativo del sistema pedagógico jesuita en la época moderna temprana.

Contextualismo: término de la historiografía actual, usado para referirse a los intentos por comprender la historia de las ideas haciendo referencia a los contextos sociales y políticos en los cuales estas ideas fueron propuestas.

Copernicanismo: la doctrina de Copérnico, es decir, los modelos geométricos para calcular y predecir fenómenos celestes que Copérnico proporcionó en su *De revolutionibus,* según los cuales la tierra se mueve alrededor del sol (estacionario) en órbitas anuales.

Corpuscular, corpuscularismo: teoría según la cual la materia esta compuesta de partículas muy pequeñas, sin importar si éstas son en principio divisibles o no (un «corpúsculo» es, literalmente, un «cuerpo pequeño»). Cf. *atomismo.*

Cosmología: la filosofía del universo como un todo, y sus propiedades; la física de lo celeste.

Dualismo cartesiano: teoría de Descartes según la cual la mente y el cuerpo son elementos totalmente diferenciados.

Empirismo: corriente filosófica que defiende que todo conocimiento está basado en los sentidos y en la experiencia que éstos sustentan.

Escepticismo: en un sentido amplio, la postura filosófica que niega o pone en duda toda afirmación de verdad.

Escolasticismo, escolástico: «escolasticismo» es un término que se aplica al estilo académico e intelectual de las universidades medievales, un estilo que primaba el debate, las disputas y un uso eficiente de los textos canónicos (como, por ejemplo, los de Aristóteles) a la hora de construir argumentos. Un «escolástico» era quien practicaba este estilo.

Estoico, estoicismo: escuela filosófica de la antigua Grecia, fundada por Zenón de Citio, cuyas doctrinas sobre ética y filosofía natural tuvieron una enorme influencia en los siglos XVI y XVII. La física estoica consideraba la materia como algo activo y con movimiento propio, y el espacio como algo lleno de una sustancia líquida (*pneuma*) que servía para conectar unas partes del universo con otras.

Éter: en un principio era la materia que, según Aristóteles, constituía el ámbito de lo celeste; posteriormente, por analogía, también se utilizó

para referirse a la materia que constituía el firmamento cartesiano, o a un tipo de materia muy sutil, invisible.

Filosofía experimental: término usado por Robert Boyle y otros miembros de la Royal Society en sus comienzos para referirse a una filosofía natural basada en hechos, fruto de una labor observacional y experimental.

Filosofía mecanicista: expresión sugerida por Robert Boyle para referirse a todo sistema general de explicación acerca del mundo que describiera sus fenómenos en términos de interacciones entre diferentes agregados de materia inerte, de acuerdo a su forma, tamaño y movimiento.

Filosofía natural: categoría, también conocida como «física», equivalente, en un sentido aproximado, al término *physis* de Aristóteles. Hacía referencia a un conocimiento sistemático de todos los aspectos, incluyendo los seres vivos, del mundo físico, identificado éste, a lo largo de los siglos XVI y XVII, con la creación de Dios. A esto se debe que las implicaciones teológicas fueran tan relevantes.

Filósofo: un término que durante el período moderno temprano tenía un significado más amplio que hoy en día. Un filósofo podía ser cualquiera que realizara una labor intelectual en cualquier campo del saber; así, había filósofos naturales, filósofos morales, filósofos políticos. Equivalente, de algún modo, al término «intelectual» de ahora.

Física: término general que hace referencia al estudio del mundo natural, tanto animado como inanimado. Un sinónimo, prácticamente, de «filosofía natural».

Física matemática: expresión del siglo XVII que hace referencia a la aplicación de las matemáticas al estudio de la realidad física, asumiendo que el conocimiento matemático puede servir para comprender las *causas* de los fenómenos físicos. Cf. *matemáticas*.

Geocéntrico: centrado en la tierra; término usado en astronomía.

Heliocéntrico: centrado en el sol; término usado en astronomía.

Hermetismo: el conjunto de doctrinas contenidas en los escritos del corpus hermético, supuestamente elaboradas en la antigüedad; según estas ideas, la materia estaba viva y existían simpatías ocultas entre las entidades. Véase también *Hermes Trismegistus*.

Historia natural: un informe descriptivo acerca de las entidades que pueblan el mundo físico (no humano); en particular, pero no de manera exclusiva, hace referencia a una descripción sistemática de plantas y animales.

Humanismo: movimiento cultural, originario de Italia, desde finales del siglo XIV y durante el siglo XV. Se caracterizaba por una profunda admiración, acompañada de un estudio riguroso, por los textos de la antigüedad griega y romana; también, incitaba a emular los logros culturales de los antiguos. Desde una perspectiva educativa, se insistió en la enseñanza de la retórica clásica.

Ilustración: término que describe un importante movimiento filosófico y cultural en Europa durante el siglo XVIII. Deudor, entre otros, de los ingle-

ses Isaac Newton y John Locke, el movimiento ilustrado insistía en el poder de la razón y la experiencia de cara a obtener un conocimiento firme y bien fundamentado. La razón, también, fue concebida como un arma contra la superstición y el poder político de autoridades tradicionales de viejo arraigo, incluyendo la Iglesia.

Inducción: término de la lógica y la retórica clásicas, usado por Francis Bacon para referirse a un proceso de inferencia basado en la recopilación exhaustiva de hechos empíricos, y al que Isaac Newton recurrió para desarrollar a partir de la descripción de las propiedades de un experimento concreto una generalización válida para todas las situaciones semejantes.

Jesuitas: la élite intelectual de la Iglesia católica desde finales del siglo XVI y durante el siglo XVII. Muchos fueron figuras relevantes tanto en el ámbito de las ciencias matemáticas como en el de la filosofía natural. Tenían organizada una extensa red de colegios por toda la Europa católica.

Matemáticas: término que en este período se refiere tanto a las matemáticas «puras» como a las «mixtas». La primera categoría incluía la geometría, la aritmética, el álgebra y (a finales del siglo XVII) el cálculo; de estas cuatro, las dos últimas disciplinas se conocían también como el «análisis». La segunda categoría englobaba todos aquellos estudios que incluyeran el uso de cantidades y las técnicas de las ramas «puras» aplicadas al estudio de aspectos reales, no abstractos, del mundo, como, por ejemplo, la astronomía matemática, la teoría musical, la mecánica y la óptica geométrica. En este sentido, los astrónomos eran llamados, muchas veces, «matemáticos».

Materia medica: área de la práctica médica dedicada a la elaboración de medicinas, ungüentos, etc., a partir de minerales y plantas.

Mecanicismo: término que condensa los ideales explicativos de la «filosofía mecanicista».

Metafísica: rama de la filosofía centrada en las categorías fundamentales de la realidad, como la esencia, la existencia, la materia, el espacio, etc.

Micro-mecanismo: proceso mecánico a escala sub-microscópica que sirve de base para ciertas explicaciones mecanicistas de la materia y de los fenómenos físicos.

Neoplatonismo: corriente filosófica de la antigüedad tardía, continuadora de las doctrinas de Platón, sobre todo su interés en las matemáticas como herramienta para conocer la realidad. Sus partidarios (Plotino, Proclo, etc.) desarrollaron una forma de misticismo matemático.

Newtonianismo: corriente filosófica, desarrollada en Inglaterra finales del siglo XVII, basada en las teorías de Isaac Newton sobre el modo correcto de estudiar la naturaleza (empirismo, inducción y matemáticas), y sus planteamientos acerca de la estructura y el contenido del universo físico.

Oculto: literalmente, «escondido». Es un término empleado en la filosofía aristotélica para caracterizar las causas desconocidas e inaccesibles de ciertos fenómenos, como por ejemplo el magnetismo.

Operacionalismo: ideal filosófico según el cual la verdad de una proposición es demostrada por la posibilidad de hacer efectivo su contenido.

Paracelsianismo: filosofía médica de Paracelso y sus seguidores, según la cual las simpatías ocultas entre diferentes partes del mundo sirven de base para elaborar remedios medicinales.

Pirronismo: variante del escepticismo filosófico atribuida a Pirrón de Elis, divulgada posteriormente por Sexto Empírico. Según esta doctrina no existe el conocimiento cierto, por lo que deberíamos abandonar toda afirmación de verdad.

Racionalismo: movimiento filosófico según el cual la vía del conocimiento es el uso adecuado de la razón; adquirimos verdades a base de razonamientos.

Renacimiento: movimiento cultural que transcurre, aproximadamente, entre el 1400 y el 1600 (según las particularidades de cada país europeo). La palabra significa «renacer» y hace referencia al período en que la alta cultura europea se dedicó a intentar revivir la civilización de la antigüedad clásica. Cf. *humanismo.*

Real Academia de las Ciencias (Académie Royale des Sciences): fundada en 1666 como una institución al servicio del Estado francés. Constituida por un número reducido de miembros contratados, en ella se realizaban investigaciones y trabajos en diversas áreas de las matemáticas (la astronomía, por ejemplo) y de la filosofía natural (como la química o la zoología).

Royal Society: la Sociedad Real de Londres para el Fomento del Saber Natural, fundada, de manera no oficial, en 1660, y dedicada a investigaciones en historia natural y filosofía experimental. Desde el comienzo adoptó un enfoque baconiano, insistiendo en la dimensión práctica de la filosofía natural.

Sacro Imperio Romano: unión política, no demasiado fuerte, entre Estados de Europa central, sobre todo alemanes. Su cabeza era el emperador, elegido por los dirigentes de los Estados constituyentes más importantes.

Scientia: traducción latina de la palabra griega «epistēmē». Referida a un conocimiento cierto, demostrable, frente a la *opinio,* la «opinión».

Silogismo: término, y herramienta, central en la lógica formal de las universidades de la Edad Media y el período moderno temprano, derivado de los escritos aristotélicos sobre lógica. Consistía de una «premisa mayor» (por ejemplo, «todo A es B»), una «premisa menor» («C es A»), y una «conclusión» («por tanto, C es B»).

Tomismo: enfoque filosófico basado en los trabajos de Santo Tomás de Aquino.

Vita activa: la «vida activa», forma de vivir en contacto directo con el mundo, recomendada por muchos humanistas, incluyendo Lorenzo Valla.

Bibliografía

La bibliografía sobre la denominada *revolución científica* es enorme. El material que presentamos a continuación sirve para documentar de manera más completa cada uno de los capítulos del libro. Además de las mencionadas en las notas, se indican algunas de las fuentes bibliográficas más importantes que he utilizado a la hora de redactar el texto. Las referencias bibliográficas también servirán a los lectores que quieran estudiar en mayor profundidad algunos de los temas tratados. Salvo escasas excepciones, los libros citados están en inglés.

Tres trabajos recientes que describen este período desde múltiples perspectivas son los de James R. JACOB, *The Scientific Revolution: Aspirations and Achievements, 1500-1700,* Atlantic Highlands, NJ, Humanities Press, 1998; John HENRY, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science,* Londres, Macmillan, 1997, con valiosas anotaciones a sus numerosas referencias bibliográficas, y Steven SHAPIN, *The Scientific Revolution,* Chicago, University of Chicago Press, 1996, que contiene ensayos bibliográficos acerca de los temas historiográficos más importantes. Lisa JARDINE, en *Ingenious Pursuits: Building the Scientific Revolution,* Londres, Little, Brown, 1999, proporciona una interesante descripción general de este período, mientras que, a un nivel más amplio, H. Floris COHEN, en *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry,* Chicago, University of Chicago Press, 1994, hace un repaso exhaustivo de la historiografía hasta 1990. De entre muchos estudios más antiguos, quisiera destacar la influencia en esta obra de Edwin Arthur BURTT, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science,* Garden City, NY, Doubleday Anchor, 1954 (1932).

Introducción

Sobre la idea que de la revolución científica tenía el siglo XVIII, y muchas otras cuestiones, véase I. Bernard COHEN, *Revolution in Science,*

Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1985. Para un excelente resumen acerca de las recientes líneas de investigación en historia de la ciencia, véase Jan GOLINSKI, *Making Natural Knowledge: History of Science after Constructivism,* Cambridge, Cambridge University Press, 1998. Sobre cuestiones historiográficas en general, un texto reciente y muy práctico es el de Beverley C. SOUTHGATE, *History, What and Why? Ancient, Modern, and Postmodern Perspectives,* Londres, Routledge, 1996. Para aquellos interesados en el período que precede al tratado en el libro, un buen y actualizado resumen es el de Edward GRANT, *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages: Their Religious, Institutional, and Intellectual Contexts,* Cambridge, Cambridge University Press, 1996. La mejor manera de acercarse a la filosofía natural de Aristóteles es el texto clásico de G. E. R. LLOYD, *Aristotle: The Growth and Structure of this Thought,* Cambridge, Cambridge University Press, 1968. La bibliografía sobre Francis Bacon la mencionamos más adelante, en la sección dedicada al capítulo 3. Acerca del alcance, en este período, de las metáforas basadas en la temática del descubrimiento, un artículo sugerente es el de Amir ALEXANDER, «The Imperialist Space of Elizabehan Mathematics», *Studies in History and Philosophy of Science,* 26 (1995), pp. 559-591.

Capítulo 1

La mejor introducción general a la temática de la ciencia durante la Edad Media es la de Edward GRANT, *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages,* y un buen suplemento es un artículo del mismo autor, «Aristotelianism and the Longevity of the Medieval World View», *History of Science,* 16 (1978), pp. 93-106. David F. NOBLE, en *A World Without Women: The Christian Clerical Culture of Western Science,* Nueva York, Knopf, 1992, explica, de una forma muy clara, aspectos de la realidad social de las universidades medievales y temprano-modernas.

Barry BARNES, en su artículo «On the Conventional Character of Knowledge and Cognition», en Karin KNORR-CETINA y Michael MULKAY (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science,* Londres, Sage, 1983, pp. 19-51, explica algunas de las ideas en las que se basan los enfoques «constructivistas» de la ciencia, que enfatizan el papel de los elementos socioculturales en la formación del conocimiento. Acerca de si «revolución científica» es un término apropiado, véase Stephen PUMFREY, «No Science, Therefore No Scientific Revolution? Social Constructionist Approaches to 16th and 17th Century Studies of Nature», en Dominique PESTRE (ed.), *L'étude sociale des sciences,* París, Centre de Reserche en Historie des Sciences et des Techniques, 1992, pp. 61-86. Acerca de la categoría de «filosofía natural» y su diferencia con respecto a la categoría moderna de «ciencia», véanse Andrew CUNNINGHAM y Roger FRENCH, *Before Science: The Invention of the Friar's Natural Philosophy,* Aldershot, Scholar Press, 1996, y Andrew

CUNNINGHAM, «How the Principia Got its Name; or, Taking Natural Philosophy Seriously», *History of Science,* 29 (1991), pp. 377-392.

Giovanna FERRARI, en «Public Anatomy Lessons and the Carnival: The Anatomy Theatre of Bologna», *Past and Present,* 117 (1987), pp. 50-106; C. D. O'MALLEY, en *Andreas Vesalius of Brussels 1514-1564,* Berkeley, University of California Press, 1964, y Jerome J. BYLEBYL, en «Interpreting the "Fasciculo" Anatomy Scene», *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences,* 45 (1990), pp. 285-316, proporcionan diversas perspectivas acerca del mundo de la ciencia anatómica del siglo XVI. Acerca de la astronomía en este período, véase Liba C. TAUB, *Ptolemy's Universe: The Natural, Philosophical and Ethical Foundations of Ptolemy's Astronomy in the Development of Western Thought,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957. El artículo de Edward GRANT, «Celestial Orbs in the Latin Middle Ages», *Isis,* 78 (1987), pp. 153-173, contiene una interesante discusión acerca del legado de la Edad Media y su influencia durante el siglo XVI a la hora de caracterizar la relación entre la filosofía natural y la astronomía matemática, discusión que sirve para contextualizar los estudios de Nicholas JARDINE, «The Significance of the Copernican Orbs», *Journal for the History of Astronomy,* 13 (1982), pp. 168-194, y Robert S. WESTMAN, «The Astronomer's Role in the Sixteenth Century: A Preliminary Study», *History of Science,* 18 (1980), pp. 105-147. Los detalles técnicos sobre la astronomía clásica están brillantemente explicados en James EVANS, *The History and Practice of Ancient Astronomy,* Nueva York, Oxford University Press, 1998.

Sobre el carácter de la filosofía natural aristotélica y sus críticos, véase Keith HUTCHISON, «Dormitive Virtues, Scholastic Qualities, and the New Philosophies», *History of Science,* 29 (1991), pp. 245-278. El papel de la imprenta como elemento que reestructura las ideas acerca del conocimiento durante la revolución científica es tratado en Adrian JOHNS, *The Nature of the Book: Print and Knowledge in the Making,* Chicago, University of Chicago Press, 1998, y en el clásico Elisabeth L. EISENSTEIN, *The Printing Press as an Agent of Change: Communications and Cultural Transformations in Early-Modern Europe,* 2 vols., Cambridge, Cambridge University Press, 1980.

Entre los importantes trabajos que inauguraron el estudio de las tradiciones mágicas en relación con el origen de la ciencia moderna se incluyen los de Frances A. YATES, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition,* Chicago, University of Chicago Press, 1979 (1964), y «The Hermetic Tradition in Renaissance Science», en Charles S. SINGLETON (ed.), *Art, Science and History in the Renaissance,* Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1968, pp. 255-274; y el de Eugenio GARIN, «Magic and Astrology in the Civilization of the Renaissance», en GARIN, *Science and Civic Life in the Italian Renaissance,* Garden City, NY, Doubleday Anchor Books, 1969, pp. 145-165. Un resumen y una crítica más recientes en Brian COPENHAVER, «Natural Magic, Hermetism, and Occultism in Early Modern Science», en David C. LINDBERG y Robert S. WESTMAN (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution,* Cambridge, Cambridge University

Press, 1990, pp. 261-301; véase también William EAMON, *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture,* Princeton, Princeton University Press, 1994.

Acerca de la alquimia en el siglo XVII, véanse los trabajos de Betty Jo TEETER DOBBS, *The Foundations of Newton's Alchemy, or «The Hunting of the Greene Lyon»,* Cambridge, Cambridge University Press, 1975, y *The Janus Face of Genius: The Role of Alchemy in Newton's Thought,* Cambridge, Cambridge University Press, 1991; y, más recientemente, los de William R. NEWMAN, *Gehennical Fire: The Lives of George Starkey, an American Alchemist in the Scientific Revolution,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1994, y Lawrence PRINCIPE, *The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest, including Boyle's «Lost» Dialogue on the Transmutation of Metals,* Princeton, Princeton University Press, 1998.

El tema de la cábala es tratado por Gershom SCHOLEM, en *Kabbalah,* Nueva York, Meridian, 1978; acerca de su papel específico en la vida del mago isabelino John Dee, véase Deborah HARKNESS, *John Dee's Conversations With Angels: Cabala, Alchemy, and the End of Nature,* Cambridge, Cambridge University Press, 1999. Sobre la astrología temprano-moderna, véanse Patrick CURRY, *Prophecy and Power: Astrology in Early Modern England,* Princeton, Princeton University Press, 1989, y también Patrick CURRY (ed.), *Astrology, Science, and Society: Historical Essays,* Woodbridge (Inglaterra), Boydell Press, 1987.

Capítulo 2

Véase David L. WAGNER (ed.), *The Seven Liberal Arts in the Middle Ages,* Bloomington, Indiana University Press, 1983, donde estudia los fundamentos del saber medieval, en el contexto académico de este período. Una introducción ya clásica de la visión histórica moderna sobre el humanismo renacentista son los dos artículos de Paul Oskar KRISTELLER, «The Humanist Movement» y «Humanism and Scholasticism in the Italian Renaissance», incluidos ambos en KRISTELLER, *Renaissance Thought: The Classic, Scholastic, and Humanist Strains,* Nueva York, Harper Torchbooks, 1961, pp. 3-23 y pp. 92-119; así como la obra de Jerrold E. SEIGEL, *Rhetoric and Philosophy in Renaissance Humanism: The Union of Eloquence and Wisdom,* Princeton, Princeton University Press, 1968.

Jill KRAYE (ed.), *The Cambridge Companion to Renaissance Humanism,* Cambridge, Cambridge University Press, 1996, y Anthony GRAFTON y Lisa JARDINE, *From Humanism to the Humanities: Education and the Liberal Arts in Fifteenth- and Sixteenth-Century Europe,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1986, son una buena introducción al estudio del impacto general que tuvo la pedagogía humanista. Sobre la relación entre ciencia, humanismo y Renacimiento, consúltense Brian COPENHAVER, «Did Science have a Renaissance?», *Isis,* 83 (1992), pp. 387-407, y Vivian NUTTON, «Greek Science in the Sixteenth-Century Renaissance», en J. V. FIELD y Frank A. J. L.

James (eds.), *Renaissance and Revolution: Humanists, Scholars, Craftsmen and Natural Philosophers in Early Modern Europe,* Cambridge, Cambridge University Press, 1993, pp. 15-28. Entre los estudios centrados en cuestiones disciplinares se incluyen los de Paul Lawrence Rose, *The Italian Renaissance of Mathematics: Studies on Humanists and Mathematicians from Petrarch to Galileo,* Ginebra, Droz, 1975; Robert S. Westman, «Proof, Poetics, and Patronage: Copernicus's Preface to *De revolutionibus*», en David C. Lindberg y Robert S. Westman (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution,* Cambridge, Cambridge University Press, 1990, pp. 167-205, y Karen Reeds, «Renaissance Humanism and Botany», *Annals of Science,* 33 (1976), pp. 519-542. En la obra de Peter Dear, *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution,* Chicago, University of Chicago Press, 1995, pp. 115-123, se amplía esta discusión y se incluyen más referencias.

El libro de William Eamon, *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture,* Princeton, Princeton University Press, 1994, constituye un importante estudio acerca de este género, los libros de secretos, en relación con el conocimiento de la realidad natural.

Varios estudios recientes se centran en los aspectos humanísticos del conocimiento anatómico del Renacimiento: Andrew Cunningham, *The Anatomical Renaissance: The Resurrection of the Anatomical Projects of the Ancients,* Aldershot, Scolar Press, 1997; R. K. French, *Dissection and Vivisection in the European Renaissance,* Aldershot, Ashgate, 1999; A. Wear, R. K. French y I. M. Lonie (eds.), *The Medical Renaissance of the Sixteenth Century,* Cambridge, Cambridge University Press, 1985. Sobre cuestiones matemáticas y metodológicas, véanse JoAnn S. Morse, *The Recepción of Diophanrus' «Arithmetic» in the Renaissance,* Ph. D., Princeton University, 1981, y Jaako Hintikka y Unto Remes, *The Method ofAnalysis: Its Geometrical Origin and its General Significance,* Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 25, Dordrecht, Reidel, 1974.

Kuhn, *The Copernican Revolution,* es una introducción general a la astronomía del siglo xvi. Además de Jardine, *Significance of the Copernican Orbs,* véanse también Robert S. Westman, «The Melanchthon Circle, Rheticus, and the Wittenberg Interpretation of the Copernican Theory», *Isis,* 66 (1975), pp. 165-193, y Westman, «The Copernicans and the Churches», en David C. Lindberg y Ronald L. Numbers (eds.), *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science,* Berkeley, University of California Press, 1986, pp. 76-113. Sachiko Kusukawa, *The Transformaron of Natural Philosophy: The Case of Philip Melanchthon,* Cambridge, Cambridge University Press, 1995, y Charlotte Methuen, *Kepler's Tübingen: Stimulus to a Theological Mathematics,* Aldershot, Ashgate, 1998, se centran en los trabajos sobre filosofía natural y astronomía durante el siglo xvi, específicamente en el contexto luterano; para una visión más general de las dimensiones religiosas de la ciencia temprano moderna, consultar John Hedley Brooke,

Science and Religión: Some Historical Perspectives, Cambridge, Cambridge University Press, 1991, caps. 2-4.

Capítulo 3

Sobre Roger Bacon, véase Jeremiah HACKETT, «Roger Bacon on "scientia experimentalis"», en Jeremiah HACKETT (ed.), *Roger Bacon and the Sciences: Commemorative Essays,* Leiden, Brill, 1997. Un buen repaso general al tema de la medicina durante la Edad Media es David C. LINDBERG, *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 BC. to AD. 1450,* Chicago, University of Chicago Press, 1992, y, sobre todo, Nancy G. SIRAISI, *Medieval and Early Renaissance Medicine: An Introduction to Knowledge and Practice,* Chicago, University of Chicago Press, 1990.

Sobre Paracelso y sus doctrinas, véanse Charles WEBSTER, *From Paracelsus to Newton: Magic and the Making of Modern Science,* Cambridge, Cambridge University Press, 1982; Walter PAGEL, *Paracelsus: An Introduction to Philosophical Medicine in the Era of the Renaissance,* 2.ª ed., Basel-Nueva York, Karger, 1982; Andrew WEEKS, *Paracelsus: Speculative Theory and the Crisis of the Early Reformation,* Albany, State University of New York Press, 1997; Alien G. DEBUS, *The French Paracelsians: The Chemical Challenge to Medical and Scientific Tradition in Early Modern France,* Cambridge, Cambridge University Press, 1991, e ÍD., *The English Paracelsians,* Londres, Oldbourne, 1965. Acerca de otros aspectos relacionados con la dimensión práctica del estudio de la naturaleza, consultar Pamela H. SMITH, *The Business of Alchemy: Science and Culture in the Holy Roman Empire,* Princeton, Princeton University Press, 1994; Owen HANNAWAY, «Georgius Agricola as Humanist», *Journal of the History of Ideas,* 53 (1992), pp. 553-560, y el trabajo excelente de Paolo ROSSI, *Philosophy, Technology, and the Arts in the Early Modern Era,* trad. Salvator Attanasio, Nueva York, Harper & Row, 1970.

Las manifestaciones culturales del conocimiento sobre la naturaleza son estudiadas en Owen HANNAWAY, «Laboratory Design and the Aim of Science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe», *Isis,* 77 (1986), pp. 585-610; Steven SHAPIN, «"The Mind is Its Own Place": Science and Solitude in Seven-teenth-Century England», *Science in Context,* 4 (1991), pp. 191-218, y EAMON, *Science and the Secrets of Nature.* Acerca de Libavius y las doctrinas de Paracelso: Owen HANNAWAY, *The Chemists and the Word: The Didactic Origins of Chemistry,* Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1975. Katherine PARK y Lorraine DASTON, *Wonders and the Order of Nature, 1150-1750,* Nueva York, Zone G Books, 1998, constituye un estudio imponente acerca de las diferentes maneras de caracterizar los fenómenos naturales a lo largo de varios siglos de historia europea.

Sobre Francis Bacon y su contexto sociocultural, véanse Gad FREUDENTHAL, «Theory of Matter and Cosmology in William Gilbert's *De*

Magnete», *Isis*, 74 (1983), pp. 22-37; Edgar ZILSEL, «The Origins of William Gilbert's Scientific Method», *Journal of the History of Ideas*, 2 (1941), pp. 1-32; Julian MARTIN, *Francis Bacon, the State, and the Reform of Natural Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1992; J. R. RAVETZ, «Francis Bacon and the Reform of Natural Philosophy», en Allen G. DEBUS (ed.), *Science, Medicine, and Society in the Renaissance*, 2 vols., Nueva York, Science History Publications, 1972, vol. 2, pp. 97-119, y Graham REES, «Francis Bacon's Semi-Paracelsian Cosmology», *Ambix*, 22 (1975), pp. 81-101, 161-173. La gran obra sobre el desarrollo posterior de las ideas baconianas es Charles WEBSTER, *The Great Instauration: Science, Medicine, and Reform 1626-1660*, Londres, Duckworth, 1975.

Capítulo 4

El contexto intelectual, así como otras cuestiones de carácter metodológico relacionadas con la obra de Galileo son estudiadas en Nicholas JARDINE, «Epistemology of the Sciences», en Charles SCHMITT, Quentin SKINNER, Eckhard KESSLER y Jill KRAYE (eds.), *The Cambridge History of Renaissance Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, pp. 685-711. DEAR, en *Discipline and Experience*, trata el tema de las instituciones jesuíticas y la enseñanza de las ciencias matemáticas; también William A. WALLACE, *Galileo and His Sources: The Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science*, Princeton, Princeton University Press, 1984. Para un estudio más detallado sobre la tradición de los jesuitas, véase Steven J. HARRIS, «Transposing the Merton Thesis: Apostolic Spirituality and the Establishment of the Jesuit Scientific Tradition», *Science in Context*, 3 (1989), pp. 29-65.

De los múltiples libros que se han escrito sobre Galileo destacaría: Stillman DRAKE, *Galileo at Work: His Scientific Biography*, Chicago, University of Chicago Press, 1978; Michael SHARRATT, *Galileo: Decisive Innovator*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994; Maurice CLAVELIN, *The Natural Philosophy of Galileo: Essay on the Origins and Formation of Classical Mechanics*, trans. A. J. Pomerans, Cambridge, Mass., MIT Press, 1974; S. DRAKE e I. E. DRABKIN (eds.), *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo and Galileo*, Madison, University of Wisconsin Press, 1969, sobre los primeros textos galileanos, y Martha FEHÉR, en «Galileo and the Demonstrative Ideal of Science», *Studies in History and Philosophy of Science*, 13 (1982), pp. 87-110, estudia la relación entre el trabajo matemático de Galileo y el problema de las esencias en filosofía natural.

Stillman DRAKE (ed. y trans.), *Discoveries and Opinions of Galileo*, Garden City, NY, Doubleday Anchor, 1957, contiene mucho material traducido y comentado, y William R. SHEA, *Galileo's Intellectual Revolution*, Londres, Macmillan, 1972, sobre las primeras controversias de Galileo. Mario BIAGIOLI, en *Galileo, Courtier: The Practice of Science in the Culture of Absolutism*, Chicago, University of Chicago Press, 1993, añade una perspec-

tiva muy interesante sobre el trabajo de Galileo y sus estrategias de mecenazgo. A un nivel más amplio, SHAPIN, *The Scientific Revolution* (cap. 3), trata sobre los objetivos y el contexto de la práctica científica en este período.

Sobre Tycho y Kepler, véanse Víctor E. THOREN, *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe,* Cambridge, Cambridge University Press, 1990; Max GASPAR, *Kepler,* trans. C. Doris HELLMAN, nueva edición anotada a cargo de Owen GINGERICH, Nueva York, Dover, 1993; Nicholas JARDINE, *The Birth of History and Philosophy of Science: Kepler's «A Defence of Tycho against Ursus» with Essays on Its Provenance and Significance,* Cambridge, Cambridge University Press, 1984; J. V. FIELD, *Kepler's Geometrical Cosmology,* Londres, Athlone, 1988; Bruce STEPHENSON, *Kepler's Physical Astronomy,* Princeton, Princeton University Press, 1987, y Robert S. WESTMAN, «Three Responses to the Copernican Theory: Johannes Praetorius, Tycho Brahe, and Michael Maestlin», en Robert S. WESTMAN (ed.), *The Copernican Achievement,* Berkeley, University of California Press, 1975, pp. 285-345.

SIRAISI, *Medieval and Early Renaissance Medicine,* para el tema de la astrología en medicina; sobre la misma temática, desde una perspectiva algo diferente, Lynn WHITE, «Medical Astrologers and Late Medieval Astrology», *Viator,* 6 (1975), pp. 295-308.

Uno de los libros clásicos sobre las matemáticas en Inglaterra es E. G. R. TAYLOR, *The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England,* Cambridge, Cambridge University Press, 1954. Trabajos más recientes son los de J. A. BENNETT, «The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy», *History of Science,* 24 (1986) pp. 1-28; ÍD., «The Challenge of Practical Mathematics», en Stephen PUMFREY, Paolo L. ROSSI y Maurice SLAWINSKI (eds.), *Science, Culture and Popular Belief in Renaissance Europe,* Manchester, Manchester University Press, 1991, pp. 176-190; Lesley B. CORMACK, *Charting an Empire: Geography at the English Universities,* Chicago, University of Chicago Press, 1997; Stephen JOHNSTON, «Mathematical Practitioners and Instruments in Elizabethan England», *Annals of Science,* 48 (1991), pp. 319-344; Stephen JOHNSTON, «The Identity of the Mathematical Practitioner in 16th-Century England», en Irmgard HANTSCHE (ed.), *Der «mathematicus»: Zur Entwicklung una Bedeutung einer neuen Berufsgruppe in der Zeit Gerhard Mercators,* Bochum, Brockmeyer, 1996, pp. 93-120, y Katherine HILL, «"Juglers or Schollers?": Negotiating the Role of a Mathematical Practitioner», *British Journal for the History of Science,* 31 (1998), pp. 253-274.

Capítulo 5

Biografías (recientes) de Descartes: Stephen GAUKROGER, *Descartes: An Intellectual Biography,* Oxford, Clarendon Press, 1995; William R. SHEA, *The Magic of Numbers and Motion: The Scientific Career of René Descartes,* Nueva York, Science History Publications, 1991, centrada sobre todo en el trabajo científico; Daniel GARBER, *Descartes' Metaphysical Physics,* Chicago,

University of Chicago Press, 1992, y Geneviéve RODIS-LEWIS, *Descartes: His Life and Thought,* trans. Jane Marie Todd, Ithaca, Cornell University Press, 1998.

Sobre Descartes y sus coetáneos, véanse R. HOOYKAAS, «Beeckman, Isaac», en Charles C. GILLISPIE (ed.), *Dictionary of Scientific Biography,* vol. I, Nueva York, Scribner's, 1970, pp. 566-568; Richard H. POPKIN, *The History of Scepticism from Erasmus to Spinoza,* Berkeley, University of California Press, 1979; Lynn SUMIDA JOY, *Gassendi the Atomist: Advocate of History in an Age of Science,* Cambridge, Cambridge University Press, 1987.

Los aspectos científicos del trabajo de Descartes son analizados en Bruce S. EASTWOOD, «Descartes on Refraction: Scientific versus Rhetorical Method», *Isis,* 75 (1984), pp. 481-502; A. Mark SMITH, «Descartes's Theory of Light and Refraction: A Discourse on Method», *Transactions of the American Philosophical Society,* 77, Part 3 (1987); Peter GALISON, «Descartes' Comparisons: From the Visible to the Invisible», *Isis,* 75 (1984), pp. 311-326; Étienne GILSON, «Météores cartésiens et météores scolastiques», en GUSON, *Études sur le role de la pensée médiévale dans la formation du systéme cartésien,* París, J. Vrin, 1930, pp. 102-137, y Desmond CLARKE, *Descartes' Philosophy of Science,* Manchester, Manchester University Press, 1982. Sobre el universo cartesiano y la problemática de fondo, véase Steven J. DICK, *Plurality of Worlds: The Origins of the Extaterrestrial Life Debate from Democritus to Kant,* Cambridge, Cambridge University Press, 1982.

Una obra clásica sobre el mecanicismo corpuscular en Inglaterra es la de Robert KARGON, *Atomism in England from Hariot to Newton,* Oxford, Clarendon Press, 1966. Un estudio reciente sobre la filosofía mecanicista de Robert Boyle y su experimentalismo es el de Rose-Mary SARGENT, *The Diffident Naturalist: Robert Boyle and the Philosophy of Experiment,* Chicago, University of Chicago Press, 1995.

Capítulo 6

Sobre los espacios sociales e institucionales de la filosofía natural durante el período temprano moderno, véanse WESTMAN, «Astronomer's Role», ensayos en Bruce T. MORAN (ed.), *Patronage and Institutions: Science, Technology, and Medicine at the European Court 1500-1750,* Woodbridge, Suffolk, The Boydell Press, 1991, y John GASCOIGNE, «A Reappraisal of the Role of the Universities in the Scientific Revolution», en David C. LINDBERG y Robert S. WESTMAN (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution,* Cambridge, Cambridge University Press, 1990, pp. 207-260. BIAGIOLI, *Galileo, Courtier;* Richard S. WESTFALL, «Science and Patronage: Galileo and the Telescope», *Isis,* 76 (1985), pp. 11-30, y Mario BIAGIOLI, «The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600», *History of Science,* 27 (1989), pp. 41-95, todos tratan esta cuestión haciendo referencia, sobre todo, a la figura de Galileo.

Sobre los conflictos entre Galileo y la Iglesia, desde una perspectiva muy general, véase Peter DEAR, «The Church and the New Philosophy», en Stephen PUMFREY, Paolo ROSSI y Maurice SLAWINSKI (eds.), *Science, Culture and Popular Belief in Early Modern Europe,* Manchester, Manchester University Press, 1991, pp. 119-139. Algunos estudios detallados son: el clásico de Giorgio De SANTILLANA, *The Crime of Galileo,* Chicago, University of Chicago Press, 1955; también Richard J. BLACKWELL, *Galileo, Bellarmine, and the Bible,* Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1991; Jerome J. LANGFORD, *Galileo, Science, and the Church,* 3.ª ed., Ann Arbor, University of Michigan Press, 1992, y Rivka FELDHAY, *Galileo and the Church: Political Inquisition or Critical Dialogue?,* Cambridge, Cambridge University Press, 1995. Para las fuentes: Maurice A. FINOCCHIARO (ed.), *The Galileo Affair: A Documentary History,* Berkeley, University of California Press, 1989.

Sobre John Dee, véanse Nicholas H. CLULEE, *John Dee's Natural Philosophy: Between Science and Religion,* Londres, Routledge, 1988, y HARKNESS, *John Dee's Conversations With Angels.* Sobre Harriot, Hobbes y el mecenazgo en Inglaterra, véanse John SHIRLEY, *Thomas Harriot: A Biography,* Oxford, Clarendon Press, 1983, y Tom SORELL, *Hobbes,* Londres, Routledge & Kegan Paul, 1986.

BIAGIOLI, en «Scientific Revolution, Social Bricolage, and Etiquette», en PORTER y TEICH, *The Scientific Revolution in National Context*, estudia diferentes contextos nacionales.

Sobre Harvey, véase Roger FRENCH, *William Harvey's Natural Philosophy,* Cambridge, Cambridge University Press, 1994; contienen material interesante Kenneth J. FRANKLIN, «Introduction», en FRANKLIN (ed.), *William Harvey: The Circulation of the Blood and Other Writings,* Londres, Everyman, 1963; Gweneth WHITTERIDGE, *William Harvey and the Circulation of the Blood,* Londres, Macdonald, 1971; Walter PAGEL, *William Harvey's Biological Ideas: Selected Aspects and Historical Background,* Nueva York, Hafner, 1967, e ÍD., *New Light on William Harvey,* Basel, Karger, 1976. Un importante estudio sobre la actitud filosófica en Inglaterra durante este período es el de Steven SHAPIN, *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England,* Chicago, University of Chicago Press, 1994.

Fierro REDONDI, *Galileo Heretic,* trans. Raymond Rosenthal, Princeton, Princeton University Press, 1987, y Paula FINDLEN, *Possessing Nature: Museums, Collecting, and Scientific Culture in Early Modern Italy,* Berkeley, University of California Press, 1994, incluyen algunas reflexiones muy interesantes sobre la Accademia dei Lincei. Sobre otras academias en Italia, véanse W. E. KNOWLES MIDDLETON, *The Experimenters: A Study of the Accademia del Cimento,* Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1971; BIAGIOLI, «Scientific Revolution», y Jay TRIBBY, «Cooking (with) Clio and Cleo: Eloquence and Experiment in Seventeenth-Century Florence», *Journal of the History of Ideas,* 52 (1991), pp. 417-439.

Sobre la Academia Real de Ciencias de París, véase Roger HAHN, *The Anatomy of a Scientific Institution: The Paris Academy of Sciences, 1666-1803,* Berkeley, University of California Press, 1971, y Alice STROUP, *A Company of Scientists: Botany, Patronage, and Community at the Seventeenth-Century Parisian Royal Academy of Sciences,* Berkeley, University of California Press, 1990. Sobre las academias científicas francesas en el siglo XVII, desde una perspectiva más amplia, véanse David S. LUX, «The Reorganization of Science, 1450-1700», en Bruce T. MORAN (ed.), *Patronage and Institutions: Science, Technology, and Medicine at the European Court, 1500-1750,* Rochester, NY, Boydell, 1991, pp. 185-194; ÍD., «Societies, Circles, Academies, and Organizations: A Historiographic Essay on Seventeenth-Century Science», en Peter BARKER y Roger ARIEW (eds.), *Revolution and Continuity: Essays in the History and Philosophy of Early Modern Science,* Washington, DC, Catholic University of America Press, 1991, pp. 23-43, e ÍD., *Patronage and Royal Science in Seventeenth-Century France: The Académie de Physique in Caen,* Ithaca, Cornell University Press, 1989. Una caracterización de la labor realizada en las primeras academias se incluye en Christian LICOPPE, «The Crystallization of a New Narrative Form in Experimental Reports (1660-1690): Experimental Evidence as a Transaction Between Philosophical Knowledge and Aristocratic Power», *Science in Context,* 7 (1994), pp. 205-244.

Sobre la Royal Society of London, véanse Michael HUNTER, *Science and Society in Restoration England,* Cambridge, Cambridge University Press, 1981, y Margery PURVER, *The Royal Society: Concept and Creation,* Londres, Routledge & Kegan Paul, 1967, pero también la dura crítica de Charles WEBSTER, en su reseña de Margery PURVER, *The Royal Society,* en *History of Science,* 6 (1967), pp. 106-128.

Sobre otros lugares del escenario británico, véase K. Theodore HOPPEN, *The Common Scientist in the Seventeenth Century: A Study of the Dublin Philosophical Society, 1683-1708,* Londres, Routledge & Kegan Paul, 1970; hay material interesante en WEBSTER, *Great Instauration,* y también en SHAPIN, *Social History of Truth.* Sobre Harvey y el grupo de fisiólogos de Oxford, véase Robert G. FRANK, Jr., *Harvey and the Oxford Physiologists: Scientific Ideas and Social Interaction,* Berkeley, University of California Press, 1980. Un interesante estudio sobre Boyle es el de William R. NEWMAN, «The Alchemical Sources of Robert Boyle's Corpuscular Philosophy», *Annals of Science,* 53 (1996), pp. 567-585. Sobre la obra más famosa de Hooke, consúltense Michael Aaron DERMIS, «Graphic Understanding: Instruments and Interpretation in Robert Hooke's *Micrographia*», *Science in Context,* 3 (1989), pp. 309-364, y John T. HARWOOD, «Rhetoric and Graphics in *Micrographia*», en Michael HUNTER y Simon SCHAFFER (eds.), *Robert Hooke: New Studies,* Woodbridge, Suffolk, The Boydell Press, 1989, pp. 119-147. Carolyn MERCHANT, en *The Death of Nature: Women, Ecology and the Scientific Revolution,* Nueva York, HarperCollins, 1990, cap. 11, trata sobre Anne Conway (su filosofía e influencia), Margaret Cavendish y otras cuestiones

relacionadas con la participación femenina en la filosofía natural de finales del siglo XVII y principios del XVIII; sobre Cavendish y la Royal Society, véase Arma BATTIGELLI, *Margaret Cavendish and the Exiles of the Mind,* Lexington, Ky, University Press of Kentucky, 1998, cap. 5. Sobre estas cuestiones, desde una perspectiva más general, véase Londa SCHIEBINGER, *The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1989.

Sobre la casa como espacio para la actividad filosófica, consúltense Deborah E. HARKNESS, «Managing an Experimental Household: The Dees of Mortlake and the Practice of Natural Philosophy», *Isis,* 88 (1997), pp. 247-262, y Steven SHAPIN, «The House of Experiment in Seventeenth-Century England», *Isis,* 79 (1988), pp. 373-404. Sobre los «técnicos invisibles», véase SHAPIN, *Social History of Truth,* cap. 8.

El poder institucional de los jesuitas es el tema de Steven J. HARRIS, «Confession Building, Long-Distance Networks, and the Organization of Jesuit Science», *Early Science and Medicine,* 1 (1996), pp. 287-318, y también de Jonathan Spence, *The Memory Palace of Matteo Ricci,* Nueva York, Viking Penguin, 1984.

Sobre colecciones de historia natural, consúltese Paula FINDLEN, *Possessing Nature.* Sobre la actitud europea ante la gente del Nuevo Mundo, un texto clásico es el de Lewis HANKE, *Aristotle and the American Indians: A Study in Race Prejudice in the Modern World,* Londres, Hollis & Carter, 1959; véase también el de Anthony PAGDEN, *European Encounters with the New World: From Renaissance to Romanticism,* New Haven, Yale University Press, 1993. Dos estudios interesantes sobre historia natural y su relevancia son el de Harold J. COOK, «The New Philosophy and Medicine in Seventeenth-Century England», centrado en la práctica médica durante el período de la revolución científica, y el de William B. ASHWORTH, Jr., «Natural History and the Emblematic World View», ambos en David C. LINDBERG y Robert S. WESTMAN (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution,* Cambridge, Cambridge University Press, 1990, pp. 397-436, 303-332, respectivamente, mientras que la mejor introducción a esta temática la encontramos en los ensayos de ASHWORTH, CUNNINGHAM, FINDLEN, WHITAKER, COOK y JOHNS, en la Parte I de N. JARDINE, J. A. SECORD y E. C. SPARY (eds.), *Cultures of Natural History,* Cambridge, Cambridge University Press, 1996; es interesante también el texto de Alien G. DEBUS, *Man and Nature in the Renaissance,* Cambridge, Cambridge University Press, 1978, cap. 3. Sobre la creación del Jardin du Roi (Jardin des Plantes) en París, véanse Rio C. HOWARD, «Guy de La Brosse and the Jardin des Plantes in Paris», en Harry WOOLF (ed.), *The Analytic Spirit: Essays in the History of Science in Honor of Henry Guerlac,* Ithaca, Cornell University Press, 1981, pp. 195-224, e ÍD., *La bibliothéque et le laboratoire de Guy de La Brosse au Jardin des Plantes à Paris,* Ginebra, Droz, 1983.

Sobre el tema de la clasificación en historia natural durante el siglo XVII, consúltense Mary M. SLAUGHTER, *Universal Languages and Scientific*

Taxonomy in the Seventeenth Century, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, y Phillip R. SLOAN, «John Locke, John Ray, and the Problem of the Natural System», *Journal of the History of Biology,* 5 (1972), pp. 1-53.

Capítulo 7

Un punto de partida clásico sobre el tema de la conceptualización filosófica de la experiencia es el artículo de Charles B. SCHMITT, «Experience and Experiment: A Comparison of Zabarella's View with Galileo's in *De motu*», *Studies in the Renaissance,* 16 (1969), pp. 80-138; más referencias en DEAR, *Discipline and Experience.* También, centrados en Descartes, son interesantes los de Daniel GARBER, «Descartes and Experiment in the *Discourse* and the *Essays*», en Stephen VOSS (ed.), *Essays on the Philosophy and Science of René Descartes,* Oxford, Clarendon Press, 1993; ÍD., *Descartes' Metaphysical Physics,* y CLARKE, *Descartes' Philosophy of Science.* Una investigación detallada sobre un período de tiempo más amplio que el aquí estudiado es la de Christian LICOPPE, *La formation de la pratique scientifique: Le discours de l'expérience en France et en Angleterre, 1630-1820,* París, Éditions La Découverte, 1996.

Sobre la obra de Riccioli, véase Alexandre KOYRÉ, «A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton: De motu gravium naturaliter cadentium in hypothesi terrae motae», *Transactions of the American Philosophical Society,* n.s., 45 (1955), pt. 4. Sobre Torricelli y los barómetros, véase W. E. KNOWLES MIDDLETON, *The History of the Barometer,* Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1964.

De SHAPIN, además de *Social History of Truth,* véase «"A Scholar and a Gentleman": The Problematic Identity of the Scientific Practitioner in Early Modern England», *History of Science,* 29 (1991), pp. 279-327, donde estudia también la figura del filósofo en Inglaterra. La interpretación de la Royal Society de los registros observacionales y experimentales como parte central de su proyecto se discute en Peter DEAR, «*Totius in verba:* Rhetoric and Authority in the Early Royal Society», *Isis,* 76 (1985), pp. 145-161; el texto clásico por excelencia es Steven SHAPIN y Simon SCHAFFER, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life,* Princeton, Princeton University Press, 1985.

Sobre Newton: sus primeras investigaciones son estudiadas en J. E. MCGUIRE y Martin TAMNY, *Certain Philosophical Questions: Newton's Trinity Notebook,* Cambridge, Cambridge University Press, 1983. La obra de Alan E. SHAPIRO, *Fits, Passions, and Paroxysms: Physics, Method, and Chemistry and Newton's Theories of Colored Bodies and Fits of Easy Reflection,* Cambridge, Cambridge University Press, 1993, incluye también un estudio acerca de sus trabajos maduros sobre óptica. Simón SCHAFFER, en «Glass Works: Newton's Prisms and the Uses of Experiment», en David GOODING, Trevor PINCH y Simon SCHAFFER (eds.), *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences,* Cambridge, Cambridge University Press, 1989, pp. 67-104, se centra

en la acogida de las ideas de Newton sobre óptica, al igual que Zev BECHLER, «Newton's 1672 Optical Controversies: A Study in the Grammar of Scientific Dissent», en Yehuda ELKANA (ed.), *The Interaction Between Science and Philosophy,* Atlantic Highlands, NJ, Humanities Press, 1974, pp. 115-142. El artículo de Alan E. SHAPIRO, «The Gradual Acceptance of Newton's Theory of Light and Color, 1672-1727», *Perspectives on Science: Historical, Philosophical, Social,* 4 (1996), pp. 59-140, es una discusión con Schaffer sobre el tema de la primacía de las teorías.

Sobre Harvey, además del texto esencial de FRENCH, *Harvey,* un artículo muy interesante es el de Andrew WEAR, «William Harvey and the Way of the Anatomists'», *History of Science,* 21 (1983), pp. 223-249, donde se indentifica el enfoque de Harvey con el enfoque de los anatomistas de la época, más interesados en «ver» que en trabajar con hipótesis.

Capítulo 8

Sobre la relación entre el trabajo de Descartes y el de los escolásticos de su época, véase Roger ARIEW, *Descartes and the Last Scholastics,* Ithaca, Cornell University Press, 1999; sobre el contexto escolástico en la obra filosófica de Descartes y muchos otros del mismo período, véase Christia MERCER, «The Vitality and Importance of Early Modern Aristotelianism», en Tom SORELL (ed.), *The Rise of Modern Philosophy: The Tensión Between the New and Traditional Philosophies from Machiavelli to Leibniz,* Oxford, Clarendon Press, 1993, pp. 33-67. La temprana acogida de las ideas de Descartes en los Países Bajos es el tema de Robert S. WESTMAN, «Huygens and the Problem of Cartesianism», en H. J. M. BOS *et al.* (eds.), *Studies on Christiaan Huygens: Invited Papers from the Symposium on the Life and Work of Christiaan Huygens, Amsterdam, 22-25 August 1979,* Lisse, Swets & Zeitlinger, 1980, pp. 83-103, y Theo VERBEEK, *Descartes and the Dutch: Early Reactions to Cartesian Philosophy, 1637-1650,* Carbondale, Southern Illinois University Press, 1992. Sobre la influencia de las ideas de Descartes en Inglaterra, véase Laurens Laudan, «The Clock Metaphor and Probabilism: The Impact of Descartes on English Methodological Thought, 1650-1665», *Annals of Science,* 22 (1966), pp. 73-104, que es dicutido por G. A. J. ROGERS, «Descartes and the Method of English Science», *Annals of Science,* 29 (1972), pp. 237-255. Un estudio más amplio sobre las ideas metodológicas de Boyle es el de Jan WOJCIK, *Robert Boyle and the Limits of Reason,* Cambridge, Cambridge University Press, 1997.

Sobre la mecánica de Huygens, véase Joella G. YODER, *Unrolling Time: Christiaan Huygens and the Mathematization of Nature,* Cambridge, Cambridge University Press, 1988, y para una contextualización de su trabajo consúltese Geoffrey V. SUTTON, *Science for a Polite Society: Gender, Culture, and the Demonstraron of Enlightenment,* Boulder, Col., Westview, 1995. La biografía de Arthur BELL, *Christiaan Huygens and the Development of Science in the Seventeenth Century,* Nueva York, Longmans

Green, 1947, sigue siendo una fuente de información interesante. Sobre la teoría de la gravedad de Huygens, consúltese E. J. AITON, *The Vortex Theory of Planetary Motions,* Londres, Macdonald, 1972. Y sobre su teoría de la luz, véase Alan E. SHAPIRO, «Huygens' Kinematic Theory of Light», en BOS, *Studies on Christiaan Huygens,* pp. 200-220.

Sobre Rohault, consúltese SUTTON, *Science for a Polite Society;* el estudio clásico sobre el cartesianismo tardío en Francia es el de Paul MOUY, *Le développement de la physique cartésienne, 1646-1712,* París, J. Vrin, 1934. L. W. B. BROCKLISS, «Aristotle, Descartes and the New Science: Natural Philosophy at the University of Paris, 1600-1740», *Annals of Science,* 38 (1981), pp. 33-69, y BROCKLISS, *French Higher Education in the Seventeenth and Eighteenth Centuries: A Cultural History,* Oxford, Clarendon Press, 1987, tratan el tema de la incorporación de las ideas cartesianas a las universidades francesas.

Erica HARTH, *Cartesian Women: Versions and Subversions of Rational Discourse in the Old Regime,* Ithaca, Cornell University Press, 1992, al igual que SUTTON, *Science for a Polite Society* y Schiebinger, *The Mind Has No Sex?,* estudian la relación entre el cartesianismo y la cultura de los salones y los públicos femeninos.

Una buena introducción a Leibniz son E. J. AITON, *Leibniz. A Biography,* Bristol, Adam Hilger, 1989, y los ensayos que aparecen en Nicholas JOLLEY (ed.), *The Cambridge Companion to Leibniz,* Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

Sobre Newton, además de MCGUIRE y TAMNY, *Certain Philosophical Questions,* centrado en sus primero trabajos, la biografía de referencia es la de Richard S. WESTFALL, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton,* Cambridge, Cambridge University Press, 1980.

La presentación más clara de la «versión clásica» de la revolución científica es la de I. Bernard COHÉN, *The Birth of a New Physics,* ed. revisada y actualizada, Nueva York, W. W. Norton, 1985; las dimensiones filosóficas y metafísicas de esta historia se estudian en Alexandre KOYRÉ, *From the Closed World to the Infinite Universe,* Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1957. Richard S. WESTFALL, en *Force in Newton's Physics: The Science of Dynamics in the Seventeenth Century,* Londres, Macdonald, 1971, expone las misma tesis, de una manera técnica pero accesible al mismo tiempo.

Sobre el auge del newtonianismo durante el siglo XVIII, véanse Betty Jo TEETER DOBBS y Margaret C. JACOB, *Newton and the Culture of Newtonianism,* Atlantic Highlands, NJ, Humanities Press, 1995, cap. 2; Margaret C. JACOB, *The Newtonians and the English Revolution 1689-1720,* Ithaca, Cornell University Press, 1976; ÍD., «The Truth of Newton's Science and the Truth of Science's History: Heroic Science at its Eighteenth-Century Formulation», en Margaret J. OSLER (ed.), *Rethinking the Scientific Revolution,* Cambridge, Cambridge University Press, 2000, pp. 315-332, y Larry STEWART, *The Rise of Public Science: Rhetoric, Technology, and Natural Philosophy in Newtonian Britain, 1660-1750,* Cambridge, Cambridge

University Press, 1992. El papel de Newton como presidente de la Royal Society a principios del siglo XVIII se estudia en SCHAFFER, «Glass Works»; John L. HEILBRON, *Physics at the Royal Society During Newton's Presidency,* Los Ángeles, William Andrews Clark Memorial Library, 1983, y en los últimos capítulos de Marie BOAS HALL, *Promoting Experimental Learning: Experiment and the Royal Society 1660-1727,* Cambridge, Cambridge University Press, 1991; consúltese también John L. HEILBRON, *Electricity in the Seventeenth and Eighteenth Centuries: A Study in Early Modern Physics,* Berkeley, University of California Press, 1979.

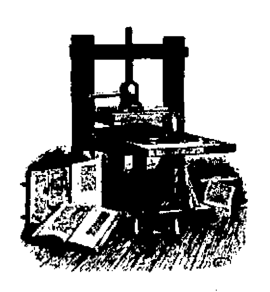
La filosofía natural de Newton en este período, así como su influencia posterior son discutidos en P. M. HEIMANN [HARMAN], «"Nature is a Perpetual Worker": Newton's Aether and Eighteenth-Century Natural Philosophy», *Ambix,* 20 (1973), pp. 1-25, y P. M. HEIMANN [HARMAN] y J. E. MCGUIRE, «Newtonian Forces and Lockean Powers: Concepts of Matter in Eighteenth-Century Thought», *Historical Studies in the Physical Sciences,* 3 (1971), pp. 233-306. Sobre las críticas a las doctrinas newtonianas sobre el espacio y la gravedad, véase Alexandre KOYRÉ, «Huygens and Leibniz on Universal Attraction», en KOYRÉ, *Newtonian Studies,* Chicago, University of Chicago Press, 1965, pp. 115-138. Sobre el famoso debate entre Leibniz y Clarke, consúltese KOYRÉ, *Closed World,* cap. 11, y sobre su contexto, véase A. Rupert HALL, *Philosophers at War: The Quarrel Between Newton and Leibniz,* Cambridge, Cambridge University Press, 1980; Domenico BERTOLONI MELI, *Equivalence and Priority: Newton versus Leibniz. Including Leibniz's Unpublished Manuscripts on the Principia,* Oxford, Clarendon Press, 1993, y, especialmente, Steven SHAPIN, «Of Gods and Kings: Natural Philosophy and Politics in the Leibniz-Clarke Disputes», *Isis,* 72 (1981), pp. 187-215.

Conclusión

Michael S. MAHONEY, en «Christiaan Huygens: The Measurement of Time and Longitude at Sea», en BOS, *Studies on Christiaan Huygens,* pp. 234-270, estudia uno de los ejemplos más claros de «ciencia al servicio del Estado».

Sobre el uso del «método» como una justificación para los nuevos enfoques en filosofía natural durante el siglo XVII, véase Peter DEAR, «Method and the Study of Nature», en Daniel GARBER y Michael AYERS (eds.), *The Cambridge History of Seventeenth-Century Philosophy,* 2 vols., Cambridge, Cambridge University Press, 1998, vol. 1, pp. 147-177. Margaret C. JACOB, en *Scientific Culture and the Making of the Industrial West,* Nueva York, Oxford University Press, 1997, sostiene que existe una conexión directa entre la ciencia y la revolución industrial en el siglo XVIII. Un reciente estudio sobre la ciencia del siglo XVIII es el de William CLARK, Jan GOLINSKI y Simon SCHAFFER (eds.), *The Sciences in Enlightened Europe,* Chicago, University of Chicago Press, 1999.

Índice onomástico



Esta primera edición en español del libro
de Peter Dear, *La revolución de las ciencias,*
ve la luz gracias a los desvelos de muchas personas,
algunos de cuyos nombres no se estampan en letras de molde,
pero sí quedan impresos en la memoria.
Acabose de editar en Madrid
en el mes de septiembre de dos mil siete.

Marcial Pons


ISBN: 978-84-96467-53-8
9 788496 467538

La ciencia moderna es un extraño híbrido entre una interrogación de carácter filosófico sobre la realidad natural y un planteamiento de corte pragmático, ideado para controlar el mundo. Pero esta síntesis no es tan natural ni tan antigua como parece. El interés por combinar teoría y práctica, la alianza entre *saber* y *hacer*, se fraguó en los siglos XVI y XVII, durante el período de la llamada «Revolución científica». Acompañado de imágenes, una lista de personajes principales, un glosario de los términos más relevantes y una bibliografía detallada, Peter DEAR nos ofrece en este libro, sencillo y a la vez sofisticado, una apasionante introducción a los problemáticos orígenes de esta aleación entre ideas y prácticas que fundaron la ciencia moderna.